

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

**O CONTEXTO ESCOLAR E AS SITUAÇÕES DE ENSINO EM
CIÊNCIAS: INTERAÇÕES QUE SE ESTABELECEM NA
APRENDIZAGEM ENTRE ALUNOS E PROFESSORES NA
PERSPECTIVA DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

KAREN CAVALCANTI TAUCEDA

PORTO ALEGRE - RS

2014

KAREN CAVALCANTI TAUCEDA

O CONTEXTO ESCOLAR E AS SITUAÇÕES DE ENSINO EM
CIÊNCIAS: INTERAÇÕES QUE SE ESTABELECEM NA
APRENDIZAGEM ENTRE ALUNOS E PROFESSORES NA
PERSPECTIVA DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

LINHA DE PESQUISA:

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PROCESSOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA
ESCOLA, NA UNIVERSIDADE E NO LABORÓRIO DE PESQUISA

Tese submetida ao Programa de Pós
Graduação em Ciências: Química e da Vida
e da Saúde Universidade Federal do Rio
Grande do Sul – UFRGS, como requisito
para a obtenção do título de doutora em
Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ CLÁUDIO DEL PINO

CIP - Catalogação na Publicação

Tauceda, Karen Cavalcanti

O contexto escolar e as situações de ensino em ciências: interações que se estabelecem na aprendizagem entre alunos e professores na perspectiva dos campos conceituais. / Karen Cavalcanti Tauceda. -- 2014.

416 f.

Orientador: José Cláudio Del Pino.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. campos conceituais. 2. aprendizagem significativa. 3. ensino-aprendizagem em ciências. 4. formação de professores em ciências. 5. situações-problema. I. Del Pino, José Cláudio, orient. II.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PORTO ALEGRE – RS

2014

KAREN CAVALCANTI TAUCEDA

**O CONTEXTO ESCOLAR E AS SITUAÇÕES DE ENSINO EM CIÊNCIAS:
INTERAÇÕES QUE SE ESTABELECEM NA APRENDIZAGEM ENTRE
ALUNOS E PROFESSORES NA PERSPECTIVA DA TEORIA DOS CAMPOS
CONCEITUAIS**

Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Ciências: Química e da Vida e da Saúde Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, como requisito para a obtenção do título de doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.

BANCA EXAMINADORA

DRA. LUCIANA CALABRÓ

DRA. MARLI DALLAGNOL FRISON

DRA. RUSSEL TEREZINHA DUTRA

DR. JOSÉ CLÁUDIO DEL PINO (orientador)

Dedico este trabalho à minha família

Helma Cavalcanti Tauceda

Edemar Passos Tauceda

Leticia Tauceda Magdaleno Nunes

Vladimir Magdaleno Nunes

Marlene Brígido Magdaleno

que me acolheram em seus corações

no percorrer desta caminhada

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. José Cláudio Del Pino pela confiança em meu trabalho durante a trajetória de pesquisa em educação em ciências, iniciada antes da formulação desta tese. Pela sensibilidade de compreender as relações entre os sujeitos e os conhecimentos/emoções por eles produzidos, pela ótica da diversidade contextual em que estão mergulhados. Pela atitude de diálogo que permeia a sua ação pessoal, que por mim é identificada como um sentimento de não aceitação da situação posta, da ideia que em um ambiente onde as diferentes vozes são escutadas, é um lugar potencialmente transformador, na medida em que se aprofundam e se ampliam as ações e os significados das palavras que são proferidas.

Aos alunos do Colégio Estadual Júlio de Castilhos pela paciência, curiosidade, alegria, vontade de participar de “algo diferente do que a aula no quadro de giz e do livro didático”. E, principalmente pela “bagunça” que efetuávamos à cada aula de biologia. Sem ela, provavelmente, não haveria um ambiente rico em questionamentos e dúvidas, que são o combustível para a aprendizagem dos estudantes e da professora, compartilhada de significados.

Aos funcionários desta escola, pela sua paciência e compreensão nos momentos que precisávamos utilizar o laboratório de biologia, de forma organizada.

À direção do Colégio Estadual Júlio de Castilhos, durante a gestão (2010-12), da Profa. Leda Gloeden, diretora, e da, Profa. Maria Berenice Moura Alves, vice-diretora do turno da manhã, que tiveram um olhar diferenciado e comprometido com a aprendizagem dos alunos da escola.

À Fundação de Apoio ao Colégio Estadual Júlio de Castilhos, em especial à Profa. Neiva Schäffer, por organizar momentos de debate de ideias, tão importante para uma prática reflexiva dos professores. Pelas conversas, principalmente via e-mail, que me orientaram nas situações que vivenciávamos no contexto da escola.

Às minhas colegas professoras de biologia da escola, Eunice e Ana Silva, pelas conversas ora com sentimentos de preocupação, ora de alegria, refletindo claramente o contexto educacional, permeado de inquietações no qual nos problematizávamos.

Aos graduandos do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, do IFRS-campus Porto Alegre participantes do PIBID, e que tive a satisfação de ser a sua professora supervisora, pelos momentos de interação nos quais também contribuíram para a minha formação como professora/pesquisadora.

Às coordenadoras do projeto PIBID do IFRS-Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, Dra. Andréia Zucolotto, Dra. Michelle Pizzato e Dra. Clarice Escott, pela oportunidade de participar de um programa de formação inicial e continuada tão rico em possibilidades de construção de ideias, como é o PIBID.

Às professoras, que como eu, supervisionaram os graduandos do PIBID na escola, Maria Lourdes Bisol de biologia e Laurinda Guerreiro de química, pelas conversas em prol do programa.

À banca de qualificação, Dra. Luciana Calabro, Dra. Maria Cristina Pansera de Araújo e Dra. Russel Teresinha Dutra, pelas valiosas contribuições em meu trabalho, que possibilitaram a reflexão sobre a prática desta professora/pesquisadora.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e da Saúde e à coordenação do PPG pelo ensino público e de qualidade. Ao pessoal da secretaria, pelo trabalho e dedicação.

Aos meus colegas de curso Patrícia Cavalheiro e Felipe Arend, pela tranquilidade que enfrentam os desafios desta caminhada na educação em ciências, e a todos que participaram de alguma maneira deste processo de pesquisa, colegas, professores, amigos e familiares.

RESUMO

A presente pesquisa versa sobre o aprender a aprender dos diferentes sujeitos/atores em situações de ensino problematizadoras e diversificadas, produzidas na dinâmica do contexto escolar. A aprendizagem, neste estudo, é considerada como um “evento” relacionado à diferentes contextos histórico-culturais, em uma unidade dinâmica, cujos sujeitos-atores estão inseridos, provocando múltiplas situações produtoras da aprendizagem. As situações e as interações entre os sujeitos envolvidos no ato de aprender, foram problematizadas em uma escola pública de Porto Alegre/RS, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos, entre 2011 e 2013, junto aos alunos de 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, e a estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRS-campus Porto Alegre), do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, participantes do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), entre julho de 2012 a dezembro de 2013. Na perspectiva de uma pesquisa em ação, foram analisados os conceitos construídos (os invariantes operatórios), e identificou-se as dificuldades para determinar as situações-problema mais adequadas para promover as conceituações em ciências. Mas nas interações que se estabelecem dialeticamente na escola, o professor também aprende, modifica-se. É na sala de aula que este professor irá desenvolver o seu processo investigativo para aprender a ensinar, construindo conceitos relacionados ao ensino de ciências, em um aprender a aprender. No processo de aprender a aprender, o professor compreende a dinâmica relacionada ao aprender a aprender do estudante. Nas dificuldades da aprendizagem de alunos e professores formados e em formação, a professora investigadora modificou-se através da reflexão sobre as suas próprias dificuldades de aprendizagem para resolver as situações-problema, no enfoque de Gérard Vergnaud (1990), dos campos conceituais. Nesta análise, o conhecimento está organizado em situações-problema, e é a partir da resolução destas situações que os sujeitos que aprendem, desenvolverão as suas conceituações. O contexto de ensino dos formadores de professores também é problematizado nesta pesquisa. Nas investigações de formação inicial e continuada, as situações/contextos sociais direcionaram a aprendizagem em ciências, reforçando a ideia de que aprender a aprender através da ressignificação dos conceitos prévios em situações problematizadoras, é fundamental para aprender a ensinar. Quando não existe esta conexão, identificam-se dificuldades para a aprendizagem do professor, pois ele simplesmente repete sem significação alguns

conceitos transmitidos na academia, reproduzindo muitas vezes, a metodologia tradicional de ensino. Constatou-se neste estudo, que um professor que não é formado em um contexto investigativo, onde a sua prática na sala de aula não é o fundamento para elaboração de conhecimentos ressignificados da academia, é um professor que provavelmente, não reconhece como elemento para a aprendizagem de seus alunos, a investigação. Portanto, o aprender e o ensinar ciências se realizam no contexto cuja essência deve ser a investigação, pois é permeado por situações de ensino que se constituem no contexto histórico-cultural dos sujeitos da aprendizagem. As argumentações desta tese foram fundamentadas a partir da reflexão-ação nos referenciais de Vergnaud (1990, 2003), Ausubel (1980, 2000), Vygotsky (1988), Moreira (2002, 2011), Freire (2004), Demo (1999), Nóvoa (1992) e Schön (1997).

Palavras-chave: aprender a aprender, situações-problema, campos conceituais, aprendizagem significativa, professor/aluno pesquisador.

ABSTRACT

The study deals on the learning to learn of the different subjects/actors in teaching situations problematizing and diversified, produced in the dynamics of the school context. Learning, in this study, it is considered as an "event" related to different contexts historical-cultural in a dynamic unity, whose subject-actors are inserted, causing multiple situations producing learning. The situations and the interactions between the individuals involved in the act of learning, were analyzed in a public school in Porto Alegre/RS, the State College Julio de Castilhos, between 2011 and 2013, together with the students of 1ST year of secondary education in the discipline of biology, and the students of the Federal Institute of Education, Science and Technology (IFRS-campus Porto Alegre), of degree course in Natural Sciences: Chemistry and Biology, participants of PIBID (Institutional Program of Scholarships to Teaching), between July 2012 and December 2013. From the perspective of a research in action, were analyzed concepts built (the invariant operative), and we identified the difficulties to determine the problem situations most suitable to promote the conceptions in sciences. But in the interactions that are dialectically in the school, the teacher also learns, modifies itself. It is in the classroom that the teacher will develop your

investigative process to learn how to teach, constructing concepts related to the teaching of science, in a learning to learn. In the process of learning to learn, the teacher understands the *dinâmica* related to learning to learn of student. In the learning difficulties of students and teachers trained and training, the teacher researcher has changed through reflection of their own learning difficulties to solve problem situations, at focus of Gérard Vergnaud (1990), in the conceptual fields. In this analysis, the knowledge is organized in problem situations, and is from the resolution of these situations that the subjects who learn, develop their conceptualizations. The context of teaching the teacher trainers also is problematized in this research. In investigations of initial and continuing training, the situations / social contexts has influenced learning in sciences, reinforcing the idea that learning to learn through the Resignification of the previous concepts in problem-solving situations, it is essential to learn to teach. When there not is this connection, identifies difficulties for the learning of the teacher, because he simply repeats without signification some concepts transmitted in the academy, reproducing often many times, the traditional methodology of teaching. It was found in this study that a teacher who is not formed in a research context, where his practice in the classroom not the basis for the elaboration of new meanings of academic knowledge, is a teacher who probably does not recognize as an element for the learning of their students, research. Therefore, the learning and teaching science if perform in the context whose essence must be the research, because it is permeated by teaching situations that is constitute in the historical-cultural context of the subjects of learning. The arguments of this thesis were based from the reflection-action on reference Vergnaud (1990, 2003), Ausubel (1980, 2000), Vygotsky (! 988), Moreira (2002, 2011), Freire (2004), Demo (1999) Nóvoa (1992) and Schon (1997).

Keywords: Learning to learn, problem situations, conceptual fields, meaningful learning, teacher/student researcher.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1 1 Organização de tese..... | 16 |
| 1 2 O aprender e o ensinar – uma visão integradora..... | 16 |
| 1 3 As situações do contexto escolar na aprendizagem de alunos e professores investigadores..... | 24 |
| 2 QUESTÕES DE PESQUISA | 48 |
| 3 CONTEXTO E ASPECTOS METODOLÓGICOS | 49 |
| 4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS | 54 |
| 4 1 <u>Primeiro Capítulo</u> : A teoria dos campos conceituais e a aprendizagem de ciências e biologia dos estudantes de ensino médio..... | 54 |
| 4 1 1 Justificativa e ideias sistematizadoras..... | 54 |
| 4 1 2 Produção relacionada ao tema do capítulo 1..... | 54 |
| 4 2 <u>Segundo capítulo</u> : A teoria dos campos conceituais e a formação de professores de ciências..... | 58 |
| 4 2 1 Justificativa e ideias sistematizadoras..... | 58 |
| 4 2 2 Produção relacionada ao tema do capítulo 2..... | 59 |
| 4 3 <u>Terceiro capítulo</u> : Considerações teóricas - A teoria dos campos conceituais, o aprender a aprender e a reflexão-ação..... | 61 |
| 4 3 1 Justificativa e ideias sistematizadoras..... | 61 |
| 4 3 2 Produção relacionada ao tema do capítulo 2..... | 62 |
| 5 PRIMEIRO CAPÍTULO: A teoria dos campos conceituais e a aprendizagem de ciências e biologia dos estudantes de ensino médio | 64 |
| 5 1 A resolução de problemas e a aprendizagem dos conceitos sobre metabolismo celular no referencial teórico dos campos conceituais..... | 65 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5 2 | Projeto “Reestruturação do laboratório de biologia” no Colégio Estadual Júlio de Castilhos: possibilidades de aprendizagem através da teoria dos campos conceituais..... | 87 |
| 5 3 | Laboratório de biologia na escola: desafios e perspectivas..... | 90 |
| 5 4 | A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud e as interações na sala de aula..... | 102 |
| 5 5 | O desenvolvimento de possíveis indicadores de invariantes operatórios por estudantes do ensino médio na disciplina de biologia..... | 117 |
| 5 6 | O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: uma proposta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio..... | 141 |
| 5 7 | A aprendizagem da fotossíntese no ensino médio através de aulas experimentais no referencial da teoria dos campos conceituais: uma proposta metodológica e alguns resultados parciais..... | 150 |
| 5 8 | Conceituando célula através da aprendizagem da enzima: uma proposta metodológica para alunos do ensino médio na perspectiva dos campos conceituais.... | 163 |
| 6 | SEGUNDO CAPÍTULO: A Teoria dos Campos Conceituais e a Formação de Professores de Ciências..... | 191 |
| 6 1 | O PIBID na formação inicial de professores de ciências da natureza: uma pesquisa no referencial dos campos conceituais de Gérard Vergnaud..... | 192 |
| 6 2 | O PIBID na formação inicial de professores de química: alguns resultados no referencial dos campos conceituais de Vergnaud..... | 207 |
| 6 3 | The evaluation from the perspective of conceptual fields of Vergnaud: a study of the teaching-learning of sciences in different levels..... | 220 |
| 6 4 | A aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria dos campos conceituais de Vergnaud na formação de professores de ciências através do PIBID..... | 223 |
| 6 5 | A teoria dos campos conceituais e a reflexão-ação na formação de professores de ciências através do PIBID..... | 238 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 6 6 | A teoria dos campos conceituais e a reestruturação curricular do ensino médio no Rio Grande do Sul: uma análise inicial a partir de situações relacionadas ao ensino de ciências..... | 247 |
| 6 7 | A interação da teoria pedagógica com a prática docente na reflexão-ação e a contribuição dos campos conceituais para a formação de professores de ciências através do PIBID..... | 265 |
| 7 | TERCEIRO CAPÍTULO: Considerações teóricas - A teoria dos campos conceituais, o aprender a aprender e a reflexão-ação..... | 289 |
| 7 1 | A teoria dos campos conceituais e a reflexão-ação na formação docente em ciências: convergências teóricas e algumas implicações práticas..... | 290 |
| 7 2 | O ensinar e o aprender ciências na perspectiva do aprender a aprender: reflexões e algumas propostas metodológicas a partir do referencial dos campos conceituais..... | 295 |
| 7 3 | Processos cognitivos e epistemologias da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, do ensino narrativo e do aprender a aprender..... | 298 |
| 8 | ALGUMAS CONSIDERAÇÕES..... | 319 |
| 9 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 323 |
| 10 | APÊNDICES..... | 331 |
| 10 1 | PRODUÇÃO PARA APOIO PEDAGÓGICO..... | 331 |
| 10 1 1 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através do debate de filme “Poeira das Estrelas”..... | 333 |
| 10 1 2 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através do debate de texto “Evolução do conceito de universo, sistema solar e do planeta terra, ao longo da história. ”..... | 334 |
| 10 1 3 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através de saída à campo na comunidade..... | 350 |
| 10 1 4 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através da elaboração de histórias em quadrinho (HQ)..... | 352 |
| 10 1 5 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através da atividade prática de formação de moléculas orgânicas..... | 354 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 10 1 6 | Atividade de ensino: organização de situações-problema através do debate de texto “Evolução das teorias sobre a origem da vida ao longo da história.”..... | 356 |
| 10 2 | OUTRAS PRODUÇÕES PARA EVENTOS CIENTÍFICOS | 361 |
| 10 2 1 | A teoria dos campos conceituais no estudo da origem do universo e da vida com alunos do ensino médio..... | 362 |
| 10 2 2 | A aprendizagem do conceito de fotossíntese no ensino médio através de situações-problema no referencial teórico dos campos conceituais..... | 377 |
| 10 2 3 | A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, o ensino baseado na narrativa do professor e do “aprender a aprender”: diferenças, similaridades e epistemologias..... | 388 |
| 10 2 4 | A teoria dos campos conceituais na aprendizagem em biologia: dificuldades e perspectivas através da análise de alguns resultados no ensino médio..... | 390 |
| 10 2 5 | A teoria dos campos conceituais e a formação inicial de professores através do PIBID: alguns resultados relacionados à conceituação de epistemologia:..... | 406 |

ÍNDICE DE QUADROS E FIGURAS

QUADROS

Quadro 1 - Atividades de ensino (protocolos para aulas experimentais), produzidos coletivamente pelo grupo PIBID/IFRS/campus Porto Alegre - Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, para a aprendizagem dos estudantes de 1º ano na disciplina de biologia e química no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, no período de julho de 2012 a dezembro de 2013. Os objetivos descritos a seguir, são uma ressignificação da autora, a partir dos resultados da aprendizagem dos licenciandos (os conhecimentos dos protocolos), no referencial metodológico dos campos conceituais (conhecimentos em ação), e de alguns elementos conceituais da C-T-S-A (Ciência, Tecnologia, Saúde e Ambiente), que estavam explicitados nos protocolos.....36

Quadro 2 - Relação da produção coletiva do PIBID/IFRS/campus Porto Alegre - Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, no Colégio Júlio de Castilhos, para eventos científicos e eventos no contexto escolar, no período de julho de 2012 a dezembro de 2013.....42

FIGURAS

Figura 1 - Modelo integrador para o ensino-aprendizagem através de metodologias que privilegiam a investigação como metodologia formativa, como é o caso dos campos conceituais de Vergnaud, a reflexão-ação de Shön-Nóvoa e do aluno pesquisador de Demo.....23

Figura 2 - Esquema simplificado que indica a convergência de ideias relacionadas ao perfil conceitual de Mortiner e da trama conceitual de Vergnaud: em ambos, ocorre uma “convivência” de conhecimentos desenvolvidos nas situações, isto é, a contextualização dos significados/conceitos; nas situações significativas de aprendizagem estes conceitos são acionados, e podem relacionar-se em situações mais complexas da que as originais (situação1, situação2, situação3).....26

Figura 3 - Representação dos campos conceituais inclusivos, elaborados a partir de situações. Cada campo é composto de conceitos conectados. Por sua vez, os campos

| | |
|--|-----|
| conceituais apresentam relação entre si. A não resolução de situações inclusivas dificultam a conceituação mais geral..... | 33 |
| Figura 4 - Proposta de modelo da situação como elo central, em que a reflexão se conecta antes da ação - 1º - reflexões produtoras de concepções prévias através de resolução de situações; e quando a ação se conecta antes da reflexão – 2º - reflexões produtoras de conhecimentos em evolução, na resolução de situações..... | 47 |
| Figura 5 - Esquema da ação reflexiva da professora/pesquisadora, em diferentes momentos/contextos, de sua trajetória investigativa, onde a escola é o eixo central no qual se constituíram as situações problematizadoras mais gerais relativas ao ensino de ciências..... | 50 |
| Figura 6 - Representação do fluxo cíclico e recursivo dos conhecimentos produzidos no contexto escolar, fundamentado em uma metodologia de situações-problema significativas, na perspectiva teórica de Vergnaud, Shön-Nóvoa e Demo..... | 52 |
| Figura 7 - Estrutura metodológica dos campos conceituais fundamentada nas situações-problema contextualizadas; para a análise das interações (produtoras de conceitos) e de promoção de conhecimentos em ciências..... | 53 |
| Figura 8 e 9 - Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia durante as aulas com microscópios..... | 97 |
| Figura 10 e 11 – Vista parcial de modelos, pôsteres didáticos e do laboratório de biologia da escola..... | 99 |
| Figura 12 - Proposta de contextualização na produção de aprendizagens dos objetivos instrucionais com os objetivos educacionais, através de situações-problema, no enfoque dos campos conceituais de Vergnaud..... | 321 |
| Figuras 13 e 14 – Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia, produzindo histórias em quadrinhos durante a etapa 3 da atividade de HQ, no laboratório da escola, no ano de 2012..... | 353 |
| Figuras 15 e 16 - Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia, no ano de 2012, produzindo modelos em “massinha de modelar” no laboratório de biologia da escola..... | 355 |

1 INTRODUÇÃO¹

1.1 Organização da tese

A tese apresenta: introdução, questões de pesquisa, contexto e proposta metodológica, e a descrição dos três capítulos com a enumeração dos artigos (que segue a ordem cronológica de sua produção, apresentação ou publicação) elaborados, na articulação da proposta de pesquisa e o contexto vivenciado. A justificativa e algumas ideias sistematizadoras estão abaixo do título de cada capítulo. Em seguida, estão os três capítulos com os artigos mais relevantes para a pesquisa, os demais formam o apêndice. Os conteúdos originais dos artigos foram mantidos; em caso de alguma modificação, uma nota de rodapé foi inserida no texto correspondente. A introdução, objetivos, metodologia, resultados, discussão, considerações finais, e referências bibliográficas específicas, encontram-se nos artigos que compõem a tese e o apêndice. Neste, encontra-se também a “produção para apoio pedagógico”.

Após os capítulos, estão colocadas as considerações finais e as referências bibliográficas relacionadas à introdução e às considerações finais.

1.2 O aprender e o ensinar – uma visão integradora

A pesquisa na educação em ciências tem produzido diversos estudos relacionados aos processos cognitivos envolvidos no ensino-aprendizagem, ou “do ensinar e do aprender”. Bigge (1977) e Vergnaud (1990) salientam: o que impulsiona o desenvolvimento das teorias da aprendizagem é aprender como se aprende. Vergnaud também menciona que, para ensinar, é preciso que o professor compreenda como o aluno aprende.

No presente estudo, partimos do pressuposto que ensinar e aprender reúnem perspectivas teórico-metodológicas do “aprender como se aprende”, importantes para

¹ Um resumo referente ao texto da introdução, foi aceito para ser apresentado no XV Salão de Ensino, que será realizado na UFRGS, em Porto Alegre, de 22 a 24 de outubro de 2014. Um texto modificado será enviado para a Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

alunos e professores que se desenvolvem no contexto escolar, em situações de ensino-aprendizagem em ciências.

Alunos e professores necessitam compreender como se aprende; para os alunos é importante se apropriar do pensamento investigativo, na construção de conhecimentos significativos, isto é, que façam sentido para eles e possam ser utilizados na resolução de diferentes problemas, apresentados no contexto social. Esta aprendizagem vai além da mera memorização de informações, a “famosa” decoreba, que o estudante utiliza para realizar testes e provas. Para o professor é importante que ele também apresente uma atitude investigativa sobre a sua prática, caso contrário, ele irá desenvolver aulas pautadas em conhecimentos memorísticos, da área de ensino e pedagógicos, ausentes de significações. Em uma atitude investigativa, o professor percebe as limitações de sua prática, e em uma atitude reflexiva, reorganiza seus conhecimentos em situações de debate no contexto social da escola. Segundo Vygotsky (1991), os sujeitos desenvolvem seus conhecimentos através das relações que se estabelecem em um contexto histórico-cultural.

O contexto mencionado, desencadeador das significações dos sujeitos, é recursivo, pois é formado por sujeitos que se constituem através de suas significações. Então, para que alunos e professores aprendam como se aprende, é importante um contexto que promova as significações/conceitos que estão envolvidos nesta aprendizagem, afim de que estes professores desenvolvam práticas promotoras da aprendizagem destes conceitos, ressignificando² o contexto da sala de aula. Taucedá (2013), em um estudo realizado no contexto de situação prototípica de aula experimental, constatou que os estudantes de biologia do 1º ano do ensino médio, modificavam, ao longo das situações de ensino propostas, a sua compreensão do que é “ser aluno”; no início das atividades com situações-problema teórico-práticas, se posicionavam em relação aos conhecimentos de ensino propostos, de forma passiva, desinteressada, pois não compreendiam que:

² O sentido que damos nesta pesquisa de ressignificar os conhecimentos, é aquele que Vergnaud dá ao termo “conceito”: é a situação que fornece o seu sentido. Então, quando o sujeito se apropria significativamente do conceito, não há mudança conceitual (salvo quando há obstáculos epistemológicos) ou uma compreensão por parte do sujeito, de suas concepções alternativas (como era defendido pelos construtivistas e cognitivo-construtivistas). Ocorre, de acordo com Vergnaud, uma resolução de situações-problema, apoiadas nas concepções prévias dos sujeitos e dos novos conhecimentos, isto é, uma evolução conceitual contextual. A conceitualização pode evoluir para esquemas mentais, se promovidas pelo professor, diferentes situações de uma mesma classe de problema.

...os resultados da aprendizagem, dependiam muito mais deles, de seus conhecimentos, do debate junto aos seus pares, de suas observações, dos problemas propostos pelo professor e de sua resolução (TAUCEDA, 2013, p. 82).

Após transcorrido um ano de e meio de situações de ensino experimentais, os alunos apresentavam melhor compreensão dos conceitos ensinados, ao serem identificadas interações cognitivas prévias com elementos das observações experimentais e dos novos conceitos, na resolução das situações-problema. A mudança da perspectiva do que significa “ser aluno”, também foi identificada, na análise de situações que problematizavam o contexto de aula experimental: em relação à contribuição para a interação dos conhecimentos teóricos com a prática; e aos aspectos negativos da utilização deste tipo de aula (no laboratório), como é percebido nas seguintes explicitações:

“Eu consegui aprender a matéria no laboratório, a turma aprendeu mais do que na sala de aula, pois nós conseguimos ver na prática.”; “Tem mais diálogo sobre o assunto e não só a matéria escrita.”; “...nos envolvemos mais...”; “A vivência com a matéria é bem melhor.”; “No laboratório as aulas não são enjoativas.”; “As aulas ficaram menos maçantes, mais facilmente explicadas e divertidas.”; “Foram aulas fáceis, mas que necessitavam bastante atenção por parte do aluno.”; “Consegui compreender bem a relação da teoria com a prática.”; “Nós conseguimos ver a parte teórica e aplicá-las na prática.”; “A aula prática é mais fácil de entender, porque vemos literalmente o que acontece.”; “...as experiências aumentam a curiosidade.”; “Nas aulas práticas podemos corrigir os nossos erros.”; “...na prática se aprende mais e mais rápido.”; “No laboratório prestamos mais a atenção.”; “A euforia de certos alunos ao entrar no

laboratório fez com que os mesmos não se comportassem adequadamente, não gostei destas distrações.”.

Os alunos também perceberam uma ressignificação do que é “ser professor”, quando este desenvolve atividades de ensino problematizadoras. Isto foi evidenciado na seguinte explicitação:

“Para a professora deve ter sido melhor também, porque ela explicou melhor e eu entendi mais”.

O estudo mencionado acima, reafirma a perspectiva do contexto das aprendizagens como recursivo. Nesta perspectiva, os processos que desencadeiam estas aprendizagens, se efetua e são promovidos através do contexto destas aprendizagens. Em primeiro lugar, deve-se considerar este contexto como dialógico (FREIRE, 2004), no qual os sujeitos explicitam suas ideias em situações de ensino que possibilitem isto (debate, discussões, negociação de significados, comparações.) Vygotsky (1988) afirma que a linguagem tem um papel crucial nesta interação dialógica e Moreira (2011), em suas pesquisas, reafirma essa posição. Segundo Postman e Weingartner (1969), a linguagem é o fator que promove a compreensão do que percebemos da realidade. Freire (2004) em uma perspectiva sociológica, afirma que é neste diálogo de respeito pelos saberes de alunos e professores, que emergem os problemas ou situações significativas que direcionarão o ensino. Delizoicov et al. (2002) reafirma este pressuposto.

No enfoque cognitivo/construtivista, Ausubel (apud Novak, 1981, p. 9) considera:

...o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo.

Em segundo lugar, como a aprendizagem se efetua no contexto social, não há porque separar de forma “burocrática”, os sujeitos que “aprendem”, daqueles que “ensinam”. Todos fazem parte de um mesmo contexto educacional, cada um com suas

especificidades. Argumentamos, nesta tese, que não faz mais sentido separar epistemologicamente estes sujeitos pois, alguns problemas enfrentados por alunos e professores no seu dia a dia escolar, estão justamente na ideia que o aluno é “somente aluno”, aquele que teoricamente aprende passivamente, receptáculo dos conhecimentos dos professores; e que o professor é “somente professor”, aquele que ensina o que o aluno deve aprender, em uma interminável narrativa, como afirma Moreira (2011), sem considerar que as concepções prévias de seus alunos apresentam potencial para ressignificar a sua prática, através de um contexto formativo, de debate de ideias.

Nas escolas, estes papéis sociais apresentam um certo imobilismo, e isto é uma das características de um contexto que predomina a pedagogia tradicional. Nesta perspectiva, o aluno não ensina e o professor não aprende. Na perspectiva que o aluno também ensina, refletimos a sua atuação no contexto da sala de aula, para além do construtivismo/cognitivismo; pensamos no aluno interagindo com os seus pares e o professor, construindo conceitos ressignificados, em uma perspectiva interacionista de Vergnaud.

O ensinar, com o significado que estamos discutindo, não é aquele da pedagogia tradicional, onde os conceitos que transitam no ambiente escolar para serem ensinados como corretos, são aqueles da academia ou do material de ensino. O ensinar, em uma epistemologia de aluno pesquisador, é a discussão coletiva (alunos e professor) dos significados que estão sendo elaborados. Segundo Demo (1998, p. 9), somente um ambiente de sujeitos questionadores gera sujeitos questionadores, e isto é educar pela pesquisa:

Até certo ponto, pois, pesquisar e educar são processos coincidentes. Daí segue que o aluno não vai à escola para assistir aula, mas para pesquisar, compreendendo-se por isso que sua tarefa crucial é ser parceiro de trabalho, não ouvinte domesticado. Sem crucificar unilateralmente a aula, esta representa, como regra, a garantia de mediocridade, porque, além de marcadamente ser, no professor, cópia, faz do aluno cópia da cópia.

O ensinar, na teoria de Vergnaud também não é a reprodução mecânica dos conceitos escolares, é a sua transformação, que conferem ao novo conceito produzido, elementos do cotidiano e alguns elementos que o professor ensinou, tornando-o dinâmico através das situações que lhe deram sentido, possibilitando então, a sua evolução.

Na perspectiva que o professor também aprende, deslocamos o foco do professor detentor do conhecimento “estático”, da pedagogia tradicional, para o professor que constrói seus conhecimentos, ressignificando-os através das interações que se estabelecem no contexto escolar. É a epistemologia de Schön (1997, 2000) e Nóvoa (1992), do professor reflexivo sobre a sua prática, ou a reflexão-ação.

O professor que aprende é um professor investigativo, pois ele questiona a sua prática; a sua ação que advém desta reflexão, é constituída por hipóteses que serão refletidas na sua ação. Segundo Grossi (2006), aprender é formular hipóteses.

Formular hipóteses também faz parte do aluno que ensina, pois nos debates coletivos da sala de aula, muitos conhecimentos estão sendo explicitados e refletidos a partir dos conhecimentos prévios, desenvolvendo-se uma “rede” de informações que serão “interiorizadas” pelos seus pares e pelo professor. O professor assim, organizará esta “rede” de conhecimentos, a partir do debate reflexivo das situações problemáticas significativas. Desta forma, o aluno perceberá o seu conceito como provisório, uma hipótese.

Uma questão que é abordada nesta tese, é que “ensinar e aprender” não apresentam disjunção, pelo contrário. É difícil aprender a ensinar ou aprender a aprender, em um contexto sem interações dos sujeitos: aluno e professor. Se o contexto em que se dá a ação educativa é formado por aluno e professor, os significados do ensinar e do aprender também estão sendo refletidos a partir das ações interativas destes atores/sujeitos. Muitos conhecimentos novos estão sendo construídos, promovendo novos significados do que é ser aluno, e o que é ser professor. Estas identidades, portanto, não estão estáticas; miscigenam-se na ação educativa. Todos, em algum momento, podem ser alunos e/ou professores.

Os professores, por sua vez, colocando-se em uma posição de aprendizes, aprendem como se aprende, fundamental para ensinar de forma significativa. Mas este processo não é espontâneo. Segundo Vergnaud (1990), os conceitos (neste caso, os

conceitos relacionados às teorias pedagógicas), tem muito de contextual, pois eles são elaborados em situações-problema significativas; eles não se referem a um só tipo de situação, e uma única situação não pode ser analisada com um só conceito. Forma-se então um campo conceitual, através de situações que problematizem, neste caso, as teorias pedagógicas. As situações formam um campo conceitual (VERGNAUD, 1988). Vergnaud também menciona o contexto de ensino como promotor de estratégias problematizadoras. Para o professor desenvolver o aprender a aprender, ele deve estar inserido em um contexto social, com situações problematizadoras, que promovam os questionamentos relacionados à prática de ensinar, isto é, o campo conceitual relacionado às práticas pedagógicas. Segundo Schön (1997) e Vergnaud (2003), o contexto da escola e da sala de aula é rico em situações problematizadoras, e é neste contexto que ele deverá desenvolver a sua formação.

Vergnaud (1998) enfatiza que o professor é o mediador dos conhecimentos na sala de aula. Segundo Tunes et al. (2005), este, ao mediar estes conhecimentos, também se modifica, através da conexão com as concepções prévias dos alunos. Isto redireciona o ato de ensinar. Esta afirmação vem ao encontro da formação do professor pela reflexão-ação.

Na identificação das concepções prévias dos sujeitos, o professor reorganiza seus conhecimentos para propor situações-problema que interajam com a estrutura conceitual da matéria de ensino. Ele também é responsável pela promoção de situações de debate dos significados, produzidos pelos sujeitos, no contexto da sala de aula. Logo, os professores/formadores não devem repetir a “lógica” do ensino tradicional, que os professores das escolas frequentemente utilizam. Quando a teoria acadêmica não é suficientemente problematizada através das situações do contexto da sala de aula, que o professor vivencia (situações do contexto incluem as concepções prévias dos professores), o professor/formador distancia os conhecimentos acadêmicos da resignificação, em situações de ensino, pelo professor da escola. Este professor não se apropria destes significados produzidos na academia, e eles acabam se tornando cada vez mais distantes da realidade do professor, pois os conhecimentos da academia não foram produzidos na reflexão-ação do professor/formador, em contexto de ensino.

Um reflexo do não aprender como ensinar, é identificado, segundo Krasilchik (2000), nas representações sociais que prevalecem entre professor e aluno: o docente, como a autoridade que não pode ser questionada ou ouvir opiniões diferentes; o aluno

como “construtor de seu próprio conhecimento”. Segundo esta autora, se o papel autoritário do professor é prejudicial, a interpretação simplista do aluno como “construtor de seu próprio conhecimento”, induz o professor a renegar a sua função de orientador do aprendiz.

De que maneira o professor que não aprende a aprender, irá desenvolver metodologias adequadas para o ensino de seus alunos na escola? Krey e Moreira (2009) identificaram que, licenciandos que participam de aulas diferenciadas, que contemplam o aprender a aprender, como é o caso dos campos conceituais, tendem a repetir esta metodologia quando vão desenvolver suas próprias aulas. Assim, a aprendizagem do professor em relação ao significado do aprender a aprender, possibilita a reflexão de sua prática na sala de aula, através desta aprendizagem. O professor compreende então, que para desenvolver significados/conceitos, é necessário entender como o seu aluno aprende (Fig. 1).

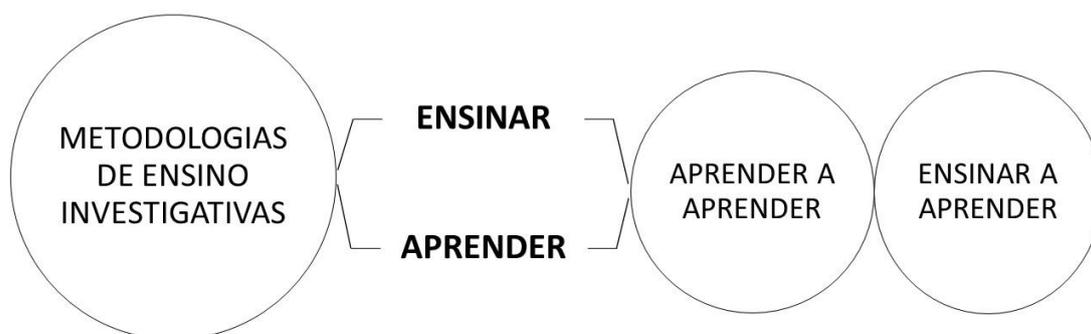


Figura 1 – Modelo integrador para o ensino-aprendizagem através de metodologias que privilegiam a investigação como metodologia formativa, como é o caso dos campos conceituais de Vergnaud, a reflexão-ação de Shön-Nóvoa e do aluno pesquisador de Demo.

1 3 As situações do contexto escolar na aprendizagem de alunos e professores investigadores

O problema principal desta pesquisa, investigar o “aprender a aprender”, demanda articular diversos referenciais teórico/metodológicos. O nosso principal referencial é a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, pois possibilita a análise conceitual dos conhecimentos que estão sendo construídos na resolução das situações problematizadoras significativas, em sala de aula e na escola. Em termos de perspectivas práticas, enfatizamos que é uma metodologia pedagógica que considera o contexto/situações como direcionadores da evolução dos conhecimentos; logo, as dificuldades e facilidades da aprendizagem devem ser refletidas a partir destes contextos/situações; em uma perspectiva histórico-cultural, estas situações são produções humanas resultado de uma organização social macro (como é o caso dos sistemas educacionais de uma região) ou micro (como é o caso do contexto escolar e da sala de aula).

As perspectivas ditas “teóricas e práticas” apresentam limitações. O estudo da epistemologia das ciências, ao longo da história, indica uma tendência ao empirismo/racionalista, isto é, a teoria refletida através da prática ou vive e versa; isto não significa que o conhecimento científico apresente apenas uma via de desenvolvimento. As ciências já passaram pela fase, por exemplo, do “idealista/racionalista”, “empirista”, e do “empirismo lógico”. A pedagogia, como uma área do conhecimento humano, reflete todas estas fases. Da pedagogia por transmissão, similar à concepção idealista do conhecimento, onde este está “na cabeça do professor” (que é um ser “iluminado”, detentor da verdade), e que para ensinar, basta que ele desenvolva uma narrativa, absorvida pelo aluno; à pedagogia construtivista, cuja ênfase é o aluno construtor do seu próprio conhecimento. Alguns autores mencionam que a epistemologia da pedagogia construtivista é similar à do empirismo (MATTHEUS, 1992; OSBORNE, 1996), pois é colocada ênfase na experiência e observação direta, sem enfatizar o processo de aquisição de novas estruturas cognitivas para reinterpretar esta experiência. Outros autores consideram que “dar sentido ao mundo, a partir das nossas ideias” (MATTHEUS, 1992), é a etapa inicial do processo da aprendizagem, da aquisição das novas estruturas do conhecimento. As estratégias de ensino, devem, segundo esta perspectiva, considerar estas ideias prévias, e a partir delas, organizar o

ensino. É a perspectiva cognitivo-construtivista de Piaget (1977) e Ausubel et al. (1980); nestes últimos autores, não se trata de enfatizar as etapas de desenvolvimento piagetiano, mas enfatizar o aprender a aprender.

A disjunção entre conhecimentos teóricos e práticos pode ser evidenciada em um estudo desenvolvido por Tauceda e Del Pino (2014a), em situações de ensino experimentais, com alunos de 1º ano do ensino médio de biologia. Na resolução das situações-problema, os estudantes não evidenciaram um esquema mental relacionado ao conceito de fotossíntese, pois estas situações propunham uma interação entre as concepções prévias e os novos conceitos, através da mediação conceitual da atividade experimental proposta no relatório. Neste caso, houve dificuldade de relacionar a teoria apresentada em atividades de debate na sala de aula, com as observações e conclusões propostas nas situações-problema que compunham o relatório da atividade prática. Mas esta dificuldade não ocorreu na resolução das situações-problema do relatório, teóricas, que investigaram, em um primeiro momento, as concepções prévias em relação ao conceito estudado. Esta problematização é importante para a identificação da estrutura conceitual das concepções prévias (invariantes operatórios), que devem ser consideradas para a composição conceitual das situações-problema significativas, assim como a estrutura conceitual dos novos conceitos. Problematizar as concepções prévias é fundamental em atividades de ensino experimentais para que se evite a concepção empirista do conhecimento, em que este é resultado direto das nossas percepções, das observações relacionadas à prática. Ao mesmo tempo, organizando situações que contemplassem todos os conhecimentos envolvidos (prévios e novos), procurou-se promover a evolução conceitual, ao invés da mudança conceitual, que tem um enfoque cognitivo-construtivista.

O enfoque da mudança conceitual, segundo Vasconcelos et al. (2003), apresenta algumas limitações relacionadas ao ensino de ciências. Se as concepções prévias dos alunos se articulam com a versão científica, ocorre apreensão conceitual, mas se entram em conflito com a versão científica, ocorre, então mudança conceitual. Segundo Mortimer (1996), muitas concepções prévias reaparecem nos alunos após concluir as atividades de ensino fundamentadas nesta perspectiva. Isto significa que estas ideias permanecem na estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Vergnaud (1990), as ideias/conceitos tem muito de contextual, isto é, elas são o contexto, as situações.

Em Mortimer (1995), a noção de perfil conceitual busca compreender as concepções dos estudantes dentro de um esquema geral: relacioná-las e ao mesmo tempo diferenciá-las dos conceitos científicos apreendidos na escola. As ideias dos estudantes, situa-se então, em um contexto mais amplo de convivência com o saber escolar, e com o saber científico. Vergnaud (1988), ao definir campos conceituais como um conjunto de situações paulatinamente dominadas, através da compreensão de vários conceitos de natureza distintas, propõe a ideia de uma trama de conhecimentos, onde todos os conceitos que o sujeito domina, podem ser acionados, dependendo da situação apresentada (Fig. 2).

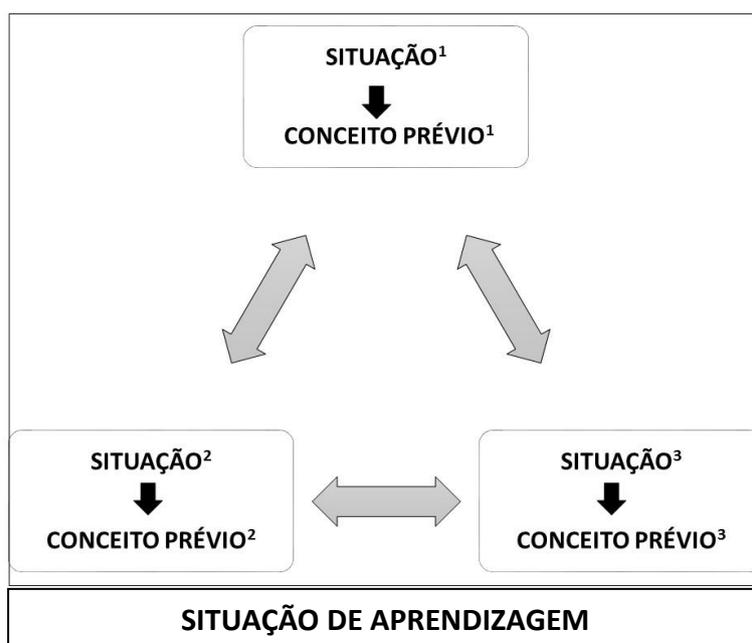


Figura 2 - Esquema simplificado que indica a convergência de ideias relacionadas ao perfil conceitual de Mortimer e da trama conceitual de Vergnaud: em ambos, ocorre uma “convivência” de conhecimentos desenvolvidos nas situações, isto é, a contextualização dos significados/conceitos; nas situações significativas de aprendizagem estes conceitos são acionados, e podem relacionar-se em situações mais complexas da que as originais (situação¹, situação², situação³).

A disjunção do conhecimento teórico e prático é um problema que Vergnaud (2004) também discute em seu trabalho. Por exemplo, ao sugerir que os professores proponham situações que permitam avaliar as competências do fazer (operatório) e do dizer (explicar), o autor alerta quanto à forma operatória do conhecimento (o fazer) e a

forma predicativa (o explicar, o dizer), reforçando a importância do problema referente a escolha de estratégias de ensino. Tauceda e Del Pino (2013), ao desenvolverem situações de ensino que contemplassem aspectos teóricos e práticos do estudo das moléculas orgânicas, evidenciaram que a execução de uma atividade prática não significa que esta atividade está promovendo significações relacionadas à matéria de ensino, em uma evidente desconexão entre a teoria e a prática.

O aprender a aprender pressupõe que a aprendizagem pode ser facilitada pela prática reflexiva da própria aprendizagem. É a pedagogia que acompanha a epistemologia da ciência atual: racionalista/empirista; teoria/prática; reflexão/ação; conhecimento/ação. Nesta visão, não se trata de ensinar alunos e professores a “aplicar o método científico” na sala de aula, para desenvolver conhecimentos; isto seria enfatizar o pensamento positivista. A educação e o ensino são construções sociais que, segundo Bittar e Ferreira Jr. (2012), transcendem o método das “hard sciences” (observação, exatidão, neutralidade, objetividade). Trata-se de enfatizar a investigação como processo formativo (DEMO, 1999), para problematizar o conhecimento construído (científico, escolar, cotidiano-prévio) em um ambiente interativo, que deve ser a sala de aula e a escola. Em Tauceda e Del Pino (2014a), na identificação da estrutura conceitual (invariantes operatórios), dos conhecimentos produzidos na resolução das situações problemáticas na conceituação da fotossíntese, percebeu-se a importância desta teoria para a identificação e superação das dificuldades nesta aprendizagem, através da possibilidade da reformulação destas situações. E mais uma vez, constatou-se que os alunos apresentam dificuldade de relacionar a teoria com a prática, ambas problematizadas nas atividades experimentais, como foi enfatizado anteriormente. A possibilidade de reformulação das situações-problema através da análise do conhecimento em ação, é fundamental na mudança da prática do professor.

A “epistemologia pedagógica”, do professor responsável pela aprendizagem do aluno (transmissão ou tradicional), foi seguida pela epistemologia do aluno responsável por sua própria aprendizagem (construtivista). Mas o aprender a aprender também pressupõe um contexto: aprender “o que?”, “de que forma?”, “aonde?”, “em qual tempo?”.

O ato de aprender envolve sujeitos que ensinam e aprendem, então não faz sentido separá-los através da hierarquização de suas importâncias, pois a aprendizagem

é produzida em um contexto-histórico-cultural (VYGOTSKY, 1991), que a reflete e a tensiona. Ambos, professores e aprendizes, constituem-se nesta relação.

No enfoque da escola como espaço de produção e organização de situações problematizadoras, aluno e professor são sujeitos/atores do processo da aprendizagem. Não há dicotomia, mas um sinergismo pedagógico, pois os processos cognitivos relacionados ao ato de aprender, apresentam estreita relação com aqueles do ato de ensinar, podendo-se então considerar que, aluno e professor, constroem suas identidades na medida em que ocorrem as suas interações na sala de aula.

Vergnaud considera que a construção dos conhecimentos/conceitos é promovida pelos contextos em que eles são produzidos. Estes contextos “tensionam” as estruturas cognitivas dos sujeitos, na resolução de situações problemáticas. Estas situações (contextos) devem apresentar significados para o aprendiz, isto é, devem ser significativas. Ao mesmo tempo, devem apresentar conhecimentos relacionados aqueles que se quer ensinar. Na resolução destas situações, então, o sujeito conceitua de acordo com a sua compreensão de quais conhecimentos deve “acionar” na resolução das situações-problema.

Nos diferentes contextos educativos, o papel mediador do professor é fundamental (VERGNAUD, 1994) para prover situações significativas aos alunos (VERGNAUD, 1998). Em termos Vygotskyanos, no longo processo do progressivo domínio de um campo conceitual, Vergnaud considera o professor um importante mediador na tarefa de auxiliar o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas e representações, fazendo amplo uso da linguagem e símbolos, em um processo de acomodação (MOREIRA, 2002). Em um estudo realizado por Tauceda et al (2013a), com alunos de 1º ano do ensino médio da disciplina de biologia, no processo de significações dos conceitos de universo e vida, evidenciou-se muitas características do contexto cultural dos estudantes, através da análise dos ³invariantes operatórios. Em uma perspectiva de “apartheid cognitivo” (COBERN, 1994), os alunos evidenciaram conceitos que mesclavam invariantes relacionados à teoria de ensino sobre a origem do

³ O invariante operatório é a essência do conceito. Na perspectiva de Vergnaud, não há conceito sem uma situação problematizadora que lhe forneça um significado. Portanto, o conceito é invariante, porque condiz à uma situação, pois o sujeito compreende esta proposição e as propriedades que estão relacionadas à ela, como verdadeiras. Ao mesmo tempo é operatório, pois ao resolver a situação, o sujeito conceitua. O ápice da complexidade da conceituação é a formação dos esquemas mentais, nos quais o sujeito resolve diferentes situações de uma mesma classe, organizando uma intrincada rede de significados, os chamados campos conceituais.

universo e da vida, com os invariantes relacionados às concepções místicas. Esta constatação apresenta, pelo menos, duas interpretações: uma ressignificação conceitual, no processo de evolução do conhecimento; ou uma aprendizagem memorística, em que os conceitos de ensino, identificados nos invariantes, são utilizados para as provas, sem uma validade para a interpretação de situações da vida.

A teoria de Vergnaud proporciona a identificação da estrutura dos conceitos que são produzidos em situações de ensino. Na análise desta relação (conceito produzido-situação), o professor e o aluno reconhecem a construção conceitual na medida em que ela está ocorrendo, identificando quão distantes estão dos conceitos de ensino. Então, é um referencial metodológico que pode ser utilizado pelos professores/pesquisadores em situações de ensino no contexto da escola, para a aprendizagem dos estudantes, dos futuros professores e dos professores já atuantes nas escolas.

Vergnaud reúne em sua teoria pós-construtivista, Piaget, Ausubel e Vygotsky, e não há contradição nisto. Pelo contrário, há complementariedade. Se muitas respostas para vários problemas de aprendizagem, não podem ser obtidas somente com a análise da construção das ideias pelos sujeitos sobre os fenômenos (MORTIMER, 2002), não é por causa desta limitação que vamos “abandonar” este foco de pesquisa, mas podemos integrá-las. Se o contexto histórico-social determina a aprendizagem e esta determina o desenvolvimento nos seres humanos, como menciona Vygotsky (1991), podemos unir estas perspectivas de aprendizagem, como fez Vergnaud, em sua teoria cognitiva/construtivista/interacionista.

A teoria cognitiva/construtivista de Ausubel et al. (1980), apresenta algumas dimensões teóricas que podem ser interpretadas como aproximações do aspecto social da aprendizagem. Nesta teoria, os pressupostos da interação entre aluno, professor e o contexto de ensino, estão implícitos, de acordo com as análises de diversos autores.

Embora a teoria de assimilação de Ausubel considere a aprendizagem como um processo interno e pessoal, na construção ativa do seu conhecimento, e que progride no tempo de acordo com os interesses e capacidades de cada um, esta teoria reconhece também a importância dos contextos onde aprendeu e aprende, e o envolvimento social das aprendizagens (OSBORNE, 1996; CANAVARRO, 1999). O aspecto do envolvimento social é mais esclarecido quando esta teoria enfatiza a interação do novo conhecimento com alguma estrutura cognitiva, relevante do aprendiz, construída a partir

de suas interações do dia a dia. Segundo Pozo (1989), em Ausubel et al, (1980) e Ausubel (2000), são enfatizados os processos de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos, a partir dos conceitos previamente formados pelos alunos na sua vida cotidiana.

A interação entre aluno, professor e a matéria de ensino, está implícita quando Ausubel et al. (1980) afirmam que o modo como o conhecimento a ser aprendido é tornado disponível ao aluno, direciona o processo de aprendizagem. Novak e Gowin (1996), então, inserem esta teoria em uma abordagem sóciointeracionista triádica; aluno, professor e materiais educativos do currículo, onde considera-se o processo de aprendizagem como uma negociação de significados, cujo objetivo é compartilhar significados dos materiais de ensino do currículo. O enfoque Vygotskyano desta teoria também é considerado por Moreira (2002), ao afirmar que a linguagem (mediação semiótica) tem um papel imprescindível no processo de negociação de significados. Moreira (2010), considera a progressividade da aprendizagem significativa, onde os significados são captados e internalizados; a linguagem e a interação pessoal são fundamentais. Mortimer (2002) reconhece os significados como polissêmicos e polifônicos, originados na interação social e então internalizados pelos indivíduos.

Este autor enfatiza que a compreensão de que os sujeitos da aprendizagem (aluno/professor) se desenvolvem no contexto social da sala de aula, redirecionou a perspectiva teórica relacionada à construção de conhecimentos, agora não mais como uma produção individual em relação a fenômenos específicos, mas como produção de significados no processo de conceituação, em um contexto histórico-cultural.

Na linha do pensamento de Vygotsky, do processo de significação/conceituação do real (VYGOTSKY, 1991), é deslocado o foco da pesquisa no ensino de ciências, para além da identificação das estruturas cognitivas dos sujeitos. Este é o caso das concepções alternativas e da mudança conceitual, ou do reconhecimento de estágios de desenvolvimento (PIAGET, 1977), ambas perspectivas cognitivo-constructivistas.

Ainda na linha Vygotskyana, busca-se compreender o processo de significação por meio da linguagem e outros meios de comunicação, no contexto da sala de aula (MORTIMER, 2002). É justamente neste contexto que se encontram os sujeitos da aprendizagem, o aluno e o professor. Em um estudo realizado com alunos de 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia (TAUCEDA e DEL PINO, 2013), ficou

evidente a importância do professor como mediador dos conhecimentos prévios e de ensino, através da produção de situações significativas, e de sua relevância na organização de situações de ensino promotoras de interações na sala de aula. Na identificação de invariantes relacionados a moléculas orgânicas, foram reconhecidas incoerências com os conceitos de ensino, que logo foram acionados novamente na resolução de outras situações, estas novamente fazendo a conexão “conceito prévio-situação-conceito novo”.

Nesta tese, discute-se o ensino de ciências na perspectiva dos sujeitos envolvidos, aluno e professor, para além da identificação das estruturas mentais produzidas por estes sujeitos, e para além da compreensão dos processos cognitivos baseados no construtivismo cognitivo, como é o caso das concepções prévias de Ausubel et al. (1980); Novak e Gowin (1996). Procura-se ampliar as possibilidades da pesquisa, através de um referencial que contemple a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky, como é o caso da teoria cognitivo/construtivista/interacionista dos campos conceituais de Vergnaud. Esta teoria propõe que os sujeitos da aprendizagem, alunos e professores, desenvolvem seus conhecimentos (e identidades), através das interações que ocorrem no contexto escolar, e que este contexto (como todos os contextos sociais), são produções histórico-culturais. Esta pesquisa sugere este referencial como um “mapeamento funcional”, pois contempla muito da complexidade em que está imersa o “evento” da aprendizagem. Por exemplo, em um estudo realizado por Tauceda et al. (2012), com estudantes de 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia, constataram que situações-problema relacionadas aos conceitos novos de fermentação e fotossíntese, construídas através de interações com as concepções prévias dos alunos, isto é, significativas, mostraram potencial para desenvolver significados relacionados ao metabolismo celular, pois utilizaram “invariantes cruzados”: na situação 1, sobre fermentação, utilizaram invariantes relativos à formação de moléculas orgânicas, e na situação 2, sobre fotossíntese, utilizaram invariantes relativos à fermentação. Isto indicou um avanço da abstração, e por isso, uma ampliação do campo conceitual inicial: fermentação e fotossíntese. Esta constatação reforça a ideia que a aprendizagem significativa ocorre na relação entre os conceitos (NOVAK, 1981). A situação 1, apesar de problematizar o conceito de fermentação, apresentou potencial para “tensionar” o conceito de fotossíntese. Esta percepção só foi possível através do estudo dos invariantes operatórios elaborados pelos alunos. Analisando os invariantes operatórios

produzidos no processo de conceituação, percebeu-se nitidamente como os conceitos estão interligados na formação do campo conceitual do metabolismo celular. Os alunos utilizaram muitos invariantes “cruzados”. Portanto, o ensino de conceitos isolados pode impedir a aprendizagem dos próprios conceitos. A percepção que os conceitos apresentam significados interligados, reitera a necessidade de formar o aluno pesquisador, na perspectiva de Demo (1999). O contexto problematizador/questionador é ferramenta para o ensino, tanto em Demo, como para Vergnaud. Em Vergnaud esta relação fica mais esclarecida, quando consideramos que são as situações-problema que significam os conceitos. Quanto mais promovemos situações significativas para o aluno resolver, em um determinado tema de ensino, por exemplo, moléculas orgânicas, mais se ampliam as conceituações e abstrações, alcançando um desenvolvimento do campo conceitual original, formando um campo conceitual mais geral. Isto foi percebido em um estudo realizado com alunos de 1º ano do ensino médio de biologia, por Tauceda et al. (2013b). As dificuldades de aprendizagem relacionadas aos conceitos de célula e enzima, foram devidas à falta do conceito de molécula orgânica na estrutura cognitiva do aprendiz. Esta percepção se deu através da análise dos invariantes operatórios produzidos para resolver situações problema, indicando a necessidade de reformulação na estrutura destas situações. A introdução do conceito de enzima através de situações-problema parece contribuir para a conceituação de célula. Segundo Vergnaud (1982), o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio (VERGNAUD, 1990) requer a apreensão de vários conceitos, esquemas e representações de natureza distintas (Fig. 3).

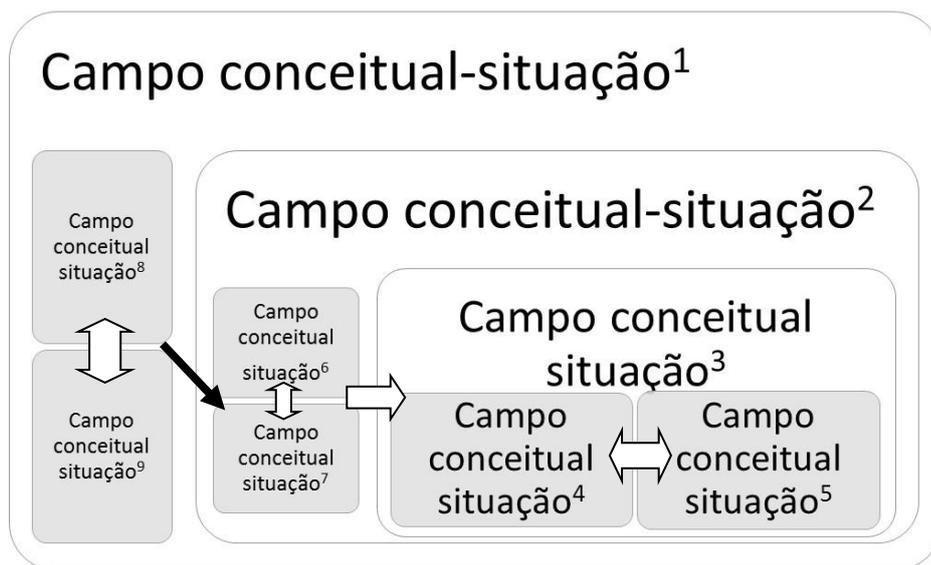


Figura 3 – Representação dos campos conceituais inclusivos, elaborados a partir de situações. Cada campo é composto de conceitos conectados. Por sua vez, os campos conceituais apresentam relação entre si. A não resolução de situações inclusivas dificultam a conceituação mais geral.

Enfatizamos o contexto escolar como local de significações na produção dos conceitos pedagógicos próximos aos conceitos científicos, também para a formação de professores. A perspectiva de Schön e Nóvoa, da reflexão-ação na formação docente, apresenta muitos pontos em comum com a teoria de Vergnaud. Estes autores consideram o ambiente escolar, rico em problematizações, com desafios e questionamentos. É lógico propor a formação/profissionalização docente neste contexto, onde as teorias pedagógicas estudadas na academia possam ser refletidas pelos professores, na prática da sala de aula. Muitos cursos de licenciatura, com seus estágios, e atualmente o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), estão direcionando a formação dos professores para este enfoque. Teoria acadêmica e prática docente se encontram na reflexão dos problemas enfrentados no dia a dia escolar. Mais uma vez, não haverá dicotomia, mas uma valorização da prática do professor, pois esta servirá para ressignificar a teoria. Tauceda e Del Pino (2014b), em um estudo com graduandos participantes do PIBID, identificaram o potencial deste programa para problematizar situações que ressignifiquem as teorias pedagógicas aprendidas na academia e não simplesmente, confirmem estas teorias, sem uma reflexão prévia. Estes

autores constataram, que situações problematizadoras devem ser promovidas no contexto das atividades do programa, pois estas situações promovem a reflexão-ação do professor.

Vergnaud (2003) enfatiza que a pesquisa acadêmica deve considerar o trabalho concreto do professor, caso contrário, não alcançará a riqueza e a diversidade das atividades realizadas na sala de aula. Tardif (2002) menciona que a história escolar do professor, desenvolve, em grande parte, a sua concepção de “ensinar e aprender”, influenciando as suas práticas na sala de aula. A reflexão-ação proposta por Schön é fundamental para que o futuro docente redirecione suas ações, na medida que ele reflete em situação de ensino. Segundo Galiuzzi (2003), esta proposta é a superação da dicotomia entre teoria e prática, professor e pesquisador. Esta questão, de disjunção da teoria pedagógica, que se aprende na academia, da prática que desenvolve-se nas escolas, é um dos muitos problemas que o nosso contexto educacional evidencia. O PIBID vem contribuir para que teoria e prática se encontrem novamente, no contexto escolar. Tauceda et al. (2013c) e Tauceda e Del Pino (2014b, d, e), investigaram as concepções epistemológicas e de aprendizagem, que os graduandos do PIBID apresentavam no contexto da pesquisa, e de que maneira elas evoluíram ao longo das atividades realizadas por estes alunos. Foi constatado que eles não desenvolviam uma prática diferenciada da tradicional, visto que compreendiam o conhecimento como algo a ser transmitido (conceitos “prontos”), ou desenvolvido a partir de observações de experimentos, sem relação com as concepções prévias dos alunos da escola. Concluiu-se que as situações problematizadoras foram fundamentais neste cenário, principalmente no que diz respeito às escassas situações de ensino que promovessem a explicitação de concepções prévias e concepções em formação, impossibilitando, em certa medida, a reflexão-ação.

Apesar destas dificuldades, muitos conhecimentos foram produzidos pelo coletivo pibidiano, reafirmando o potencial deste programa para a formação docente diferenciada através da reflexão-ação. No quadro abaixo (1), estão as atividades de ensino desenvolvidas pelos graduandos do PIBID (com o auxílio do professor supervisor), para as aulas práticas junto aos estudantes da escola. No quadro 2, estão listados os artigos produzidos pelo PIBID no contexto da escola.

Quadro 1 – Atividades de ensino (protocolos para aulas experimentais), produzidos coletivamente pelo grupo PIBID/IFRS/campus Porto Alegre - Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, para a aprendizagem dos estudantes de 1º ano na disciplina de biologia e química no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, no período de julho de 2012 a dezembro de 2013. Os objetivos descritos a seguir, são uma ressignificação da autora, a partir dos resultados da aprendizagem dos licenciandos (os conhecimentos explicitados nos protocolos), no referencial metodológico dos campos conceituais (conhecimentos em ação), e de alguns elementos conceituais da C-T-S-A (Ciência, Tecnologia, Saúde e Ambiente), que estavam explicitados nos protocolos.

| NOME DA ATIVIDADE PRÁTICA | OBJETIVOS PARA A APRENDIZAGEM EM SITUAÇÃO |
|--|--|
| <p>1.PROTOCOLO: <i>Experimentação</i> <i>provocando reflexões sobre os fenômenos.</i></p> | <p>Na situação-problema experimental relacionada à observação de um fenômeno (combustão do algodão), propõe-se reflexões sobre as experiências cotidianas dos estudantes que envolvem “queimas” de materiais diversos. Neste diálogo permeado pela experiência, problematiza-se os conceitos “fenômenos físicos e químicos”, e discute-se a importância da observação, da reflexão e da experimentação para compreendermos os fenômenos naturais. Neste contexto de debate, propõe-se situações-problema da história da ciência, onde é investigado o percurso que a humanidade tem percorrido para compreender a natureza. Em um determinado momento da história da ciência, reflete-se sobre o (s) método (s) científico (s), e utiliza-se a prática da combustão do algodão para debater os seus procedimentos.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>2.PROTOCOLO: <i>Vida Microscópica</i></p> | <p>Na visualização de uma gota de água no microscópio, problematiza-se as condições ambientais do Lago Guaíba/RS e do “Recanto Chinês” do Parque Farroupilha (Redenção/POA), e a existência de seres vivos pluricelulares e unicelulares na água destes ambientes. São debatidas as relações entre a estrutura morfofisiológica destes organismos com a estrutura celular. Reflete-se sobre o conceito de “vida”, a partir das concepções prévias, as observações realizadas no microscópio e algumas definições escolares e científicas. Nas situações problematizadoras, discute-se, a partir da existência da vida microscópica, as possibilidades da vida extraterrestre.</p> |
| <p>3. PROTOCOLO: <i>Moléculas Orgânicas</i></p> | <p>Nas situações-problema que relacionam aspectos da dieta dos seres humanos com alimentos importantes em termos nutricionais, investiga-se a presença dos carboidratos, lipídios e proteínas em nosso cotidiano, através de experiências que identificam estas moléculas orgânicas em alguns alimentos. Problematisa-se a origem destas moléculas na Terra primitiva, e a importância destas no processo de evolução da célula.</p> |
| <p>4. PROTOCOLO: <i>Microscópio</i></p> | <p>Situar o desenvolvimento do microscópio no contexto histórico-cultural em que este instrumento possibilita a ampliação dos conhecimentos relacionados aos átomos, moléculas, células, tecidos e microrganismos. Nas situações práticas propostas, tensiona-se aspectos cotidianos (fio de cabelo, água com protozoários, folha de <i>elodea sp</i>-comum em aquários), para desencadear a curiosidade nos alunos, em torno das possibilidades do microscópio na investigação do meio ambiente e da vida.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>5. PROTOCOLO: <i>Tecido/Célula</i></p> <p>6. PROTOCOLO: <i>Transporte através da membrana celular</i></p> | <p>Visualizando-se diferentes tecidos (animais, vegetais) e células (gametas, microrganismos), problematiza-se os conceitos “unicelular”, “pluricelular”, “procarionte”, “eucarionte”, “célula vegetal”, “célula animal”, e a diversidade das células. Propõe-se uma investigação sobre os mecanismos evolutivos (seleção natural) que desencadeiam a diversidade da vida.</p> <p>Na situação experimental com diferentes materiais biológicos (batata descascada em fatias e folha de <i>elodea sp</i>), problematiza-se o fenômeno da osmose. Investigando as concepções prévias dos alunos em relação à superfície da célula (membrana plasmática), vista ao microscópio ótico, questiona-se os resultados do experimento (turgor ou plasmólise), que evidenciam uma estrutura de membrana com poros, visto que ocorreu uma mudança no interior da célula através do acréscimo de água com sal. Problematisa-se estes conhecimentos em relação ao conceito de osmose, importante para o intercâmbio de substâncias entre as células e o ambiente. Esta compreensão ressignifica a conceituação de célula, para uma estrutura dinâmica. Investiga-se também o fenômeno físico da difusão em situações-problema que remontam o cenário ambiental da evolução da célula primitiva.</p> <p>Problematizando um experimento relacionado ao DNA de morango, investiga-se as concepções</p> |
|---|--|

| | |
|--|---|
| <p>7. PROTOCOLO: <i>DNA nuclear</i></p> | <p>prévias dos alunos sobre a importância do DNA para as células e os seres vivos; diferenças de DNA eucarioto e procaríoto; divisão celular das bactérias e em seres pluricelulares (mitose e meiose) através da duplicação do DNA (replicação); estrutura do DNA; diferenças reprodutivas dos seres vivos que evoluíram a partir da divisão celular (assexuada e sexuada); tecnologia do DNA (transgênicos, células tronco, clonagem...)</p> |
| <p>8. PROTOCOLO: <i>Tabela Periódica (TP)</i></p> | <p>Na visualização da TP, debate-se as informações que nela estão contidas, através da problematização do conceito de elemento químico (átomo) e a sua relação com os fatos do cotidiano. No estudo das reações do hidróxido de sódio e cloreto de diferentes metais (Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Na), observa-se as reações químicas e problematiza-se este conceito através de situações-problema que envolvam concepções prévias e os conceitos científicos. Identifica-se estas substâncias na TP.</p> |
| <p>9. PROTOCOLO: <i>Estudo dos Óxidos</i></p> | <p>Reconhece-se a existência de substâncias chamadas “óxidos”, através de reações químicas entre o gás carbônico e a “água de cal” e a reflexão de conhecimentos cotidianos relacionados ao gás carbônico da respiração dos seres vivos, e aquele contido nos “refrigerantes”. Problematiza-se o óxido gás carbônico (CO₂) e o óxido de enxofre (SO₂), em relação aos problemas ambientais da atualidade, o efeito estufa e a chuva ácida, inserindo-os também no ciclo biogeoquímico, através do reconhecimento do átomo do carbono e do enxofre, que fazem parte das suas estruturas moleculares.</p> |
| <p>10. PROTOCOLO: <i>Ligações Químicas</i></p> | <p>Na reflexão em situações-problema práticas relacionadas às propriedades físicas de algumas substâncias (condutividade e solubilidade), propõe-se a interação dos conceitos prévios dos</p> |

| | |
|---|---|
| <p>10. PROTOCOLO: <i>Ligações Intermoleculares</i></p> | <p>significados de átomos e moléculas, com o conceito de “ligação química”. Identifica-se substâncias iônicas e covalentes através dos resultados das reações químicas de alguns compostos, e propõe-se situações que problematizem o conceito de “reação química”, através das concepções prévias e novas, relacionadas ao conceito de átomo, molécula e ligação química, para conceituar ligação covalente e iônica.</p> <p>Através da problematização de situações do cotidiano (mistura de água com sal, açúcar, álcool, óleo de cozinha, querosene, iodo, naftalina), investigar o conceito de “interações intermoleculares”, construindo este conhecimento, na reflexão das experiências no laboratório e as ideias prévias identificadas no início da atividade de misturas entre estas substâncias Nas situações-problemas, há a interação entre estes conceitos e aqueles relacionadas à solubilidade, polaridade, vaporização. Investiga-se o conceito de solvente e soluto que desenvolve-se a partir das reflexões e interpretações da atividade.</p> |
| <p>11. PROTOCOLO: <i>Moléculas/Substâncias Inorgânicas</i></p> | <p>Nas situações-problema do cotidiano que envolvem experiências gustativas com ácidos (limão, acerola, abacaxi), bases (banana-verde) e sais (sal de cozinha), constroem-se o conceito de “grupo de substâncias inorgânicas”, considerando os resultados das experiências de reação de substâncias com indicadores ácido-base. As situações- problema relacionam os conceitos novos com os resultados da experiência, ressignificando esses conceitos. Problematiza-se também estes conceitos químicos com a</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>biologia, através do questionamento do mecanismo digestivo dos vertebrados que utiliza o ácido clorídrico; os remédios de PH básicos, que usamos para problemas digestivos e o uso do vinagre para desinfetar verduras, que baseia-se no conceito de homeostasia celular. Propõe-se situações de discussão sobre doenças provocadas por alimentos contaminados por falta de saneamento básico da população, como por exemplo hepatite, disenterias, cólera, leptospirose, etc.</p> |
|--|---|

Quadro 2 – Relação da produção coletiva do PIBID/IFRS/campus Porto Alegre - Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, no Colégio Júlio de Castilhos, para eventos científicos e eventos no contexto escolar, no período de julho de 2012 a dezembro de 2013.

1. CHAMIS, K.; SILVEIRA, C.; ZUCOLOTTI, A.; ESCOTT, C.; PIZATTO, M.; TAUCEDA, K. C.; BISOL, M. L.; GUERREIRO, L. *Cinética Química*. In: Encontro de Debates de Ensino em Química (EDEQ) – RS, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 18 e 19 de outubro de 2012. **Atas do 32º EDEQ**, Porto Alegre: UFRGS, p. 423, 2012.
2. BRANDO, I. T. S.; LADELFO, J.; TAUCEDA, K. C.; BISOL, M. L. B. *Revitalização e reativação de um laboratório de biologia no Colégio Júlio de Castilhos através do PIBID*. In: XI Fórum FAPA: Conhecimento fazendo diferença – Porto Alegre: Faculdade Porto Alegrense, 24 de novembro e 1 de dezembro de 2012. **Atas do XI Fórum FAPA**, Porto Alegre: FAPA, folder680.pdf, 2012.
3. JARDIM, R. C.; LADELFO, J.; KHALEK, C. N. A.; DALMAGRO, J. S.; BRANDO, I. T. S.; TAUCEDA, K. C.; ZUCOLOTTI, M. A. *Um relato das atividades dos pibidianos do curso de licenciatura em ciências da natureza, na disciplina de biologia do Colégio Júlio de Castilhos*. In: 13ª MOSTRATEC (Mostra de Ensino e Extensão) – Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 26, 27 e 28 de novembro de 2012. **Atas da 13ª MOSTRATEC**, Porto Alegre: IFRS, n. 142, 2012.
4. (A) KHALEK, C. N. A.; SILVA, C. F.; DALMAGRO, J. S.; ZUCOLOTTI, A. M.; GAIESKI, F.; TAUCEDA, K. C.; BISOL, M. L. B.; MARQUES, L. C. *Experimentação provocando reflexões sobre os fenômenos*.
(B) BRANDO, I. T. S.; LADELFO, J.; BISOL, M. L.; TAUCEDA, K. C.

Planejamento e organização de um roteiro prático para o estudo de transporte entre membranas.

(C) LADELFO, J.; TAUCEDA, K. C. *Reflexões a partir da aula prática “Vida Microscópica.*

(D) BRANDO, I. T. S.; LADELFO, J.; TAUCEDA, K. C.; BISOL, M. L. *Manutenção e organização de um laboratório de biologia pelo PIBID/IFRS no Colégio Estadual Júlio de Castilhos*

In: 2º Encontro Nacional do PIBID/UNISC – Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, dias 26 e 27 de abril; 17 e 18 de maio. **Anais do 2º Encontro Nacional do PIBID/UNISC**, Santa Cruz do Sul: UNISC, 2013, ISSN2318-1214.

http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/pibid_unisc/issue/current

5. LADELFO, J.; BISOL, M. L.; TAUCEDA, K. C. *Ações do PIBID/IFRS em Aulas no Laboratório de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos.* In: 3ª Mostra Científica do IFRS-campus Restinga – Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-campus Restinga, 30 a 31 de outubro de 2013. **Anais da 3ª Mostra Científica do IFRS-campus Restinga**, Porto Alegre: IFRS, 2013. (No prelo)

6. LADELFO, J.; BISOL, M. L.; TAUCEDA, K. C. *As potencialidades do PIBID para a formação docente: uma reflexão a partir de atividades realizadas pelo PIBID/IFRS no Colégio Júlio de Castilhos.* In: XII Fórum FAPA - Conhecimento: movendo o mundo – Porto Alegre: Faculdade Porto-Alegrense, 23 de novembro; 30 de novembro; 7 de dezembro de 2013. **Atas do XII Fórum FAPA - Conhecimento: movendo o mundo**, Porto Alegre: FAPA, 2013. http://www9.fapa.com.br/forum/folder/noticias/Aceitos_XII_FAPA.pdf
(No prelo)

7. LADELFO, J (palestrante); TAUCEDA, K. C. *Relato das ações PIBID – Ciências no Colégio Júlio de Castilhos.* In: Seminário Ensino médio: a

educação em movimento – Porto Alegre: Colégio Estadual Júlio de Castilhos, 10, 11, 17 e 18 de setembro de 2013. **Atas da Fundação de Apoio ao Colégio Estadual Júlio de Castilhos**, Porto Alegre: CEJC, 2013.

8. (A) RODRIGUES, G. T. (apresentadora) e TAUCEDA, K. C. *Práticas de Laboratório*.

(B) LADELFO, J. (apresentadora) e TAUCEDA, K. C. *Relato das ações PIBID – Ciências no Colégio Julio de Castilhos*.

In: III Jornada Ensino Médio – docência, identidade e autoria – Porto Alegre: Colégio Estadual Júlio de Castilhos, 04 de outubro de 2013. **Atas da Fundação de Apoio ao Colégio Estadual Júlio de Castilhos**, Porto Alegre: CEJC, 2013.

9. LADELFO, J.; BISOL, M. L.; TAUCEDA, K. C. *Ações do PIBID /IFRS no Colégio Estadual Júlio de Castilhos e suas contribuições para a formação docente*. In: 14ª MOSTRATEC (Mostra de Ensino e Extensão) – Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 4, 5 e 6 de novembro de 2013. **Atas da 14ª MOSTRATEC**, Porto Alegre: IFRS, n. 106, 2013.

O referencial dos campos conceituais pode ser mais um elemento de construção do enfoque “professor reflexivo” ou da “reflexão-ação”, pois também propõe a construção conceitual através da reflexão da prática, em situações problematizadoras.

Os campos conceituais consideram a estrutura dos conhecimentos prévios dos sujeitos, a estrutura dos novos conceitos, e a estrutura conceitual das situações-problema que são propostas nos contextos educacionais. A situação-problema deve considerar o prévio (cotidiano) e o novo (escolar, coerente com o científico); de outro modo, não ocorrerá a formulação conceitual significativa. Em Moreira (2006), as situações são os novos conhecimentos que darão sentido aos conceitos; para resolver estas situações o sujeito precisa conceitos, ou seja, conhecimentos prévios. Na resolução destas situações, os conhecimentos prévios ficarão mais elaborados, em função destas situações (com novos conceitos) nas quais estão sendo aplicados.

A situação-problema é o elo conceitual em que os conceitos se conectarão (prévios e novos), na significação do conhecimento, este, é diferente de ambos. Segundo Vergnaud (1996), muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que resolvemos ou de nossa experiência tentando modifica-la. As situações então, darão o sentido aos conceitos, e portanto os conceitos apresentam muitas características contextuais. Reiteramos que estas ideias acima explicitadas, vem ao encontro da proposta de perfil conceitual analisada por Mortimer (1996). As ressignificações do conhecimento pelo aluno na situação-problema (diferente da concepção prévia e do conceito de ensino), também considera estas ideias produzidas, em um contexto mais amplo, onde também se situam o saber escolar e o científico.

As situações problematizadoras são fundamentais na formação de professores de ciências, tanto na perspectiva de Schön e Nóvoa, na reflexão-ação, como nos campos conceituais, de acordo como foi explicado acima. Em Schön-Nóvoa, a reflexão ocorre antes e depois da ação. A ação (refletida) é desencadeadora de inúmeros questionamentos, dúvidas. A partir destas incertezas que apresentam em seu cerne, muitas concepções prévias que desenvolvem-se no contexto histórico-cultural dos sujeitos, ocorre a construção dos novos conceitos pedagógicos. As situações problematizadoras estão implícitas na reflexão-ação. Na perspectiva de Vergnaud, estas situações estão explícitas, pois são elas que significarão os conhecimentos/conceitos. Isto quer dizer que o professor/formador deve ter conhecimentos sobre quais situações irão propor aos licenciandos ou licenciados. Deverá ter conhecimento das concepções prévias dos seus alunos em formação, e dos conceitos pedagógicos para formular situações significativas. Mas o professor/formador também precisará organizar situações de ensino com potencial de debate e diálogo, que propiciem a explicitação dos conhecimentos prévios dos futuros professores. Segundo Candau (1997), não basta o professor estar na escola, são necessários espaços coletivos de discussão e reflexão sobre os problemas enfrentados no dia-a-dia escolar. Este fator limitante do desenvolvimento da aprendizagem, foi indicado por Taucedo et al. (2013c) e Taucedo e Del Pino (2014b, c, d, e). Os espaços formativos de professores que não estão organizados para promover a explicitação das concepções prévias dos graduandos, produz dificuldades para que os formadores possam organizar a reflexão-ação de seus alunos. Isto provocou, como indicaram os estudos acima, um distanciamento conceitual entre os invariantes operatórios prévios dos graduandos e as estruturas conceituais das

situações-problema produzidas pelo professor/formador, que continham os novos conceitos. Ainda mais, sem esta reflexão-ação, os licenciandos produziram materiais de ensino (protocolos para aulas experimentais) que indicavam concepções, ou racionalistas do conhecimento ou empiristas; isto se refletiu na metodologia pedagógica tradicional que estes alunos evidenciaram, ao proporem atividades de ensino para aulas práticas para os estudantes da escola.

Em um outro estudo, Tauceda e Del Pino (2014d) analisaram os resultados que consideravam a compreensão, destes alunos licenciandos, do significado de “concepções prévias” e “situações-problema significativas”. Constatou-se que estes alunos não indicavam compreensão à cerca dos princípios básicos da aprendizagem significativa e dos campos conceituais. É importante que os futuros docentes compreendam estes conceitos, considerando que o PIBID propõe-se a contribuir para uma formação teórica, cuja prática, diferencie-se da tradicional; isto é, que resulte em um ensino investigativo, para alunos e professores. A falta de situações-problema e de ensino para a reflexão-ação, foram considerados relevantes para justificar os resultados encontrados. Segundo a teoria dos campos conceituais, estas situações promovem a explicitação dos conhecimentos em ação, os conhecimentos prévios, cujas estruturas conceituais são necessárias na elaboração de situações-problema significativas pelo professor/formador, para que contribuam na conceituação da aprendizagem significativa, em uma perspectiva investigativa de ensino.

Na reflexão-ação, o foco educativo é o professor e o seu contexto; nos campos conceituais, o foco são as situações organizadas pelos professores/formadores e os conhecimentos produzidos na resolução destas situações. Esta pesquisa enfatiza as possibilidades para a formação de professores de ciências, para que estes se constituam diferentes da “lógica” da teoria tradicional; que estas teorias para o ensino, discutidas nas IES (Instituições de Ensino Superior), caminhem juntas no contexto da escola, reformulando-se e formando professores pesquisadores. Tauceda e Del Pino (2014e), indicaram a necessidade de formar professores investigativos em um contexto investigativo, como é o contexto educativo das situações-problema de Vergnaud. Demo (1998) já menciona esta relação do contexto na formação dos sujeitos pesquisadores, ao afirmar que só um ambiente questionador gera sujeitos questionadores. Este contexto problematizador também é discutido no artigo 7 1, pag. 289 (Tauceda. e Del Pino - A Teoria dos Campos Conceituais e a reflexão-ação na formação docente em ciências:

convergências teóricas e implicações práticas. In: II Simpósio Internacional de Enseñanza de las Ciencias - *online*), onde propõe-se a reflexão-ação dos formadores de professores de ciências.

A teoria dos campos conceituais é considerada neste estudo, a “operacionalidade” da proposta de Schön-Nóvoa, a ligação entre a reflexão-ação, o elo intermediário:

Reflexão na situação antes da ação (para identificar as concepções prévias)

Reflexão na situação depois da ação (para interagir as concepções prévias e novas, na ressignificação dos conceitos)

A proposta de Schön-Nóvoa enfatiza que o contexto da escola é rico em situações-problema que devem constituir o profissional docente. O referencial de Vergnaud na formação docente possibilita um aprofundamento reflexivo em “como fazer que o contexto escolar constitua o profissional docente” (Fig. 4).

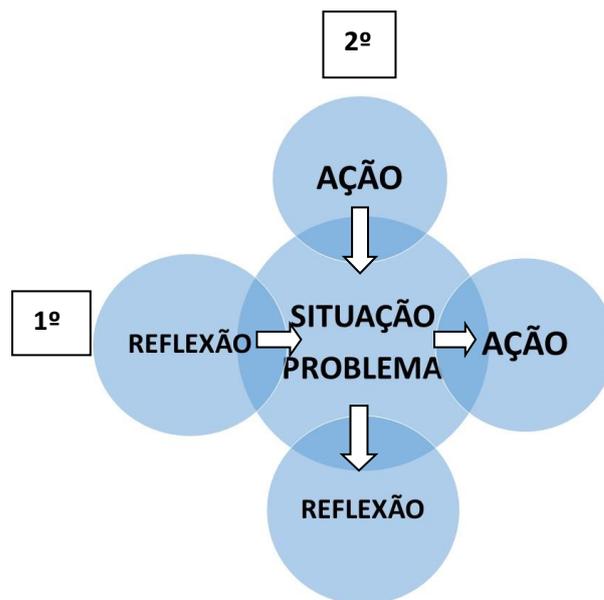


Figura 4 – Proposta de modelo da situação como elo central, em que a reflexão se conecta antes da ação - 1º - reflexões produtoras de concepções prévias através de resolução de situações; e quando a ação se conecta antes da reflexão – 2º - reflexões produtoras de conhecimentos em evolução, na resolução de situações.

2 QUESTÕES DE PESQUISA

Os problemas a serem refletidos neste estudo foram:

- Quais as questões teórico-metodológicas que poderiam emergir, no desenvolvimento de uma teoria pedagógica pós-construtivista, em uma situação específica de ensino, como foi o caso do contexto escolar analisado?

- Quais as possíveis interlocuções com outros referenciais relacionadas a problematizações em contexto de ensino, como é o caso da reflexão-ação e o aluno pesquisador?

- Quais os possíveis desdobramentos metodológicos da interação destes referenciais?

- Quais são as dificuldades para desenvolver a metodologia de ensino dos campos conceituais, no contexto proposto?

- Quais seriam os resultados na aprendizagem dos estudantes, no desenvolvimento da metodologia dos campos conceituais?

- Estes resultados indicariam um aprender a aprender?

- O aprender a aprender na perspectiva de Vergnaud, poderia facilitar o aprender a ensinar?

A hipótese inicial, que norteou este estudo, foi a de que a metodologia dos campos conceituais facilitaria a aprendizagem de ciências, pelas suas características de integração de conhecimentos, através de problematizações significativas em um contexto dialógico, entre os sujeitos envolvidos. Mas ao mesmo tempo, desde que é

uma metodologia relacionada aos contextos de ensino, poderia também apresentar dificuldades para ser desenvolvida.

3 CONTEXTO E ASPECTOS METODOLÓGICOS

A teoria dos campos conceituais foi refletida pela pesquisadora, como uma alternativa metodológica para desenvolver práticas de ensino diferenciadas da tradicional, visto que esta, não possibilitava o “desabrochar” de questionamentos por parte da professora/pesquisadora e dos estudantes. O ambiente assim, “estéril”, não constituía-se como um campo de ideias, que porventura, se transformassem em hipóteses, por ambos sujeitos aprendizes, alunos e professores, pois neste campo estava tudo já posto, estabelecido, determinado. Situações e ações que resultaram destas reflexões, direcionaram o pensar da pesquisadora para além da proposta original da tese: os campos conceituais. Este evento no pensamento da autora (professora/pesquisadora), pode ser também considerado como uma ampliação deste campo de ideias: o ensino-aprendizagem em ciências. Neste movimento cognitivo-contextual, conectou-se outros elementos conceituais de teorias relevantes na área do ensino em ciências, como é o caso da reflexão-ação e do aluno pesquisador. Estes conceitos que afloraram a partir da prática na escola, apresentaram potencial para compor um campo conceitual mais amplo, desta forma, foram refletidos em alguns artigos que são apresentados ao longo da tese. Mas, ao final destas reflexões, chegou-se à conclusão que existem outras possibilidades educativas que podem ser acopladas a todas estas ideias em formação, como é o caso da perspectiva da CTSA (Ciência-Tecnologia-Saúde-Ambiente). Esta visão, de união de vários referenciais, ditos educacionais com instrucionais, não foi desenvolvido em situações de ensino no contexto escolar, mas a autora considerou pertinente mencionar esta possível abordagem para o ensino em ciências.

As dúvidas e questionamentos enunciados acima, foram problematizados em um contexto de escola pública no Estado do Rio Grande do Sul, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Este contexto escolar produziu diferentes situações problemáticas, que resultaram das reflexões interativas aluno/professor-pesquisador/aluno; e num segundo momento, estas reflexões da ação docente do professor-pesquisador na sala de aula, serviram de subsídios conceituais para propor situações-problema aos graduandos,

quando foram problematizados seus conhecimentos prévios e em construção. Aqui, o professor-pesquisador teve um papel reflexivo sobre a sua prática, que reverteu em análise da ação metodológica utilizada na sala de aula, e na utilização desta abordagem nas interações que ocorreram no contexto da formação de professores. As situações problematizadoras que surgiram em ambas as etapas da pesquisa (com alunos e graduandos), originaram-se principalmente das concepções produzidas nas discussões e reflexões que se seguiram, antes e depois das atividades propostas. Estas duas etapas de reflexões constituíram-se novamente, em elementos conceituais, que interagiram em um contexto mais amplo de significações, a escola, como será explicitado adiante, em situação prototípica de ensino de ciências, em que a professora/pesquisadora agora se constitui como professora/pesquisadora em contexto de formação continuada (Fig. 5), como será explicado no artigo 6 6, pag. 246 (Tauceda et al. - A Teoria dos Campos Conceituais e a reestruturação curricular do ensino médio do Rio Grande do Sul: uma análise inicial a partir de situações relacionadas ao ensino de ciências. In: V Encontro Nacional de Ensino de Biologia/II Encontro Regional de Ensino de Biologia-Regional 1).

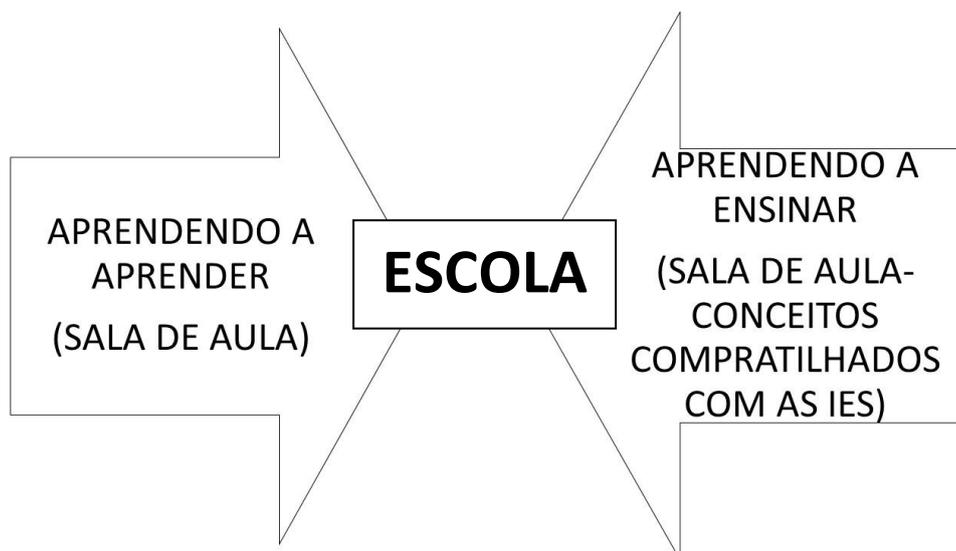


Figura 5 – Esquema da ação reflexiva da professora/pesquisadora, em diferentes momentos/contextos, de sua trajetória investigativa, onde a escola é o eixo central no qual se constituíram as situações problematizadoras mais gerais relativas ao ensino de ciências.

Na etapa da pesquisa com estudantes da escola, as atividades de ensino foram realizadas no 1º ano do ensino médio, com alunos de idade aproximada entre 14 e 18 anos na disciplina de biologia, no turno da manhã. Foram propostas atividades teórico e práticas, em situações-problema significativas.

Na etapa da pesquisa relacionada à formação continuada, considerou-se situações prototípicas de ensino de ciências, que foram discutidas em relação aos conhecimentos produzidos no contexto da escola. Para esta análise, considerou-se as conceituações dos responsáveis pela formação continuada na escola, que foram elaboradas a partir de discussões junto aos professores. O período considerado para a pesquisa foi de dois anos, com reuniões mensais.

Na etapa relativa à formação inicial de professores, o estudo foi realizado com graduandos do IFRS (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia), campus Porto Alegre, curso de Licenciatura em Ciências Naturais-Química e Biologia, participantes do PIBID, com idade entre 20 e 25 anos aproximadamente. Estes alunos desenvolviam suas atividades de ensino, protocolos e kits para aulas experimentais, na referida escola, com alunos do 1º ano do ensino médio (idade aproximada entre 18 e 24 anos), na disciplina de biologia e química, turno da noite. Em reuniões quinzenais e mensais foram propostas situações-problema relacionadas às atividades de ensino (protocolos experimentais), que seriam desenvolvidas junto aos alunos da escola.

Estas questões de pesquisa tiveram sua origem a partir da reflexão de outras situações de ensino, desenvolvidas ao longo de dez anos de docência no contexto de escola pública estadual, e que foram problematizadas em uma pesquisa anterior de Mestrado, relacionada às representações mentais e o ensino de biologia, mediado pelo artefato cultural, o livro didático (LD). Neste estudo, o problema a ser investigado foi a influência das representações pictóricas do LD (figuras, esquemas) para a aprendizagem dos alunos. A nossa hipótese consistia na ideia que estas representações dificultavam o aprendizado, visto que são muito abstratas e complexas. Chegou-se à conclusão que deve-se considerar as representações prévias dos alunos para construir uma aprendizagem indicativa de compreensão, isto é, modelos mentais. Os campos conceituais são representações mentais, e, em um primeiro momento, os conceitos provisórios, tenuamente aplicados as situações, são modelos mentais; quando evoluem na resolução de diferentes situações de uma mesma classe, formam esquemas mentais

(conceitos), mais estáveis. E quando explicitados, constituem representações simbólicas linguísticas, e como tal, são fortemente mediadas pela cultura.

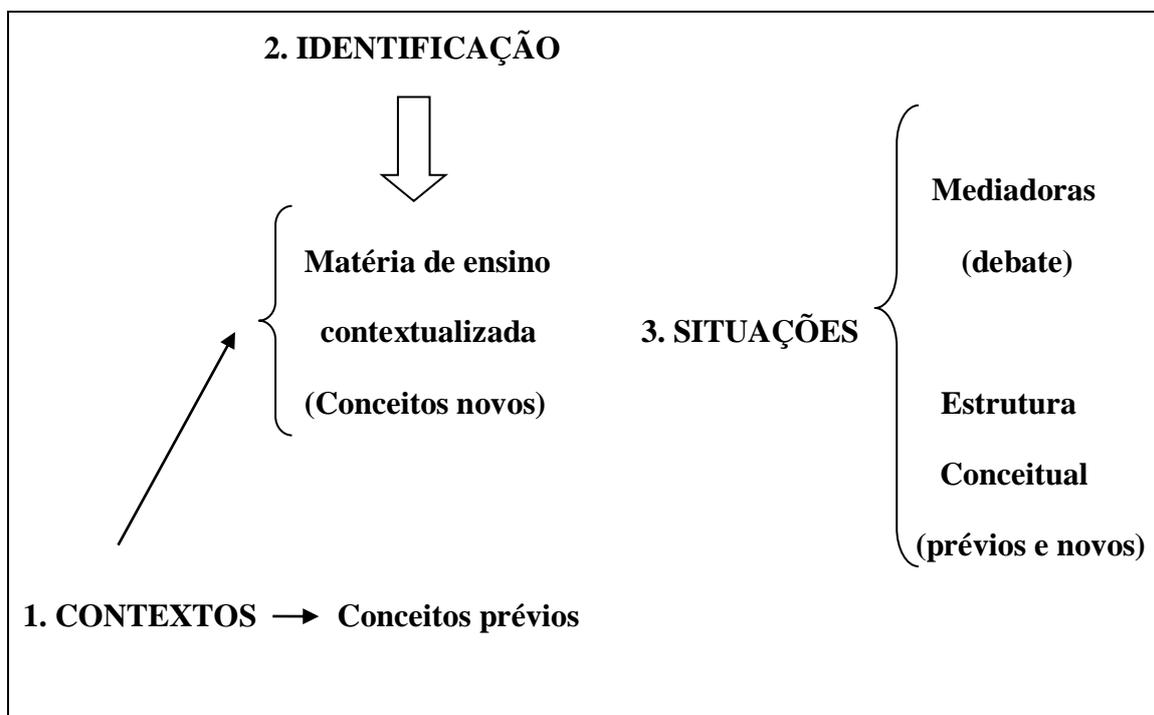
A motivação para a investigação das práticas pedagógicas, através de um referencial que abordasse o conhecimento construído e as situações problematizadoras, principalmente na sala de aula, foi justamente as dificuldades de aprendizagem dos alunos na disciplina de biologia, das turmas da regência da autora, e a não elaboração dos graduandos, de uma prática diferenciada, junto aos alunos da escola. Ambas as reflexões, compartilhadas com os futuros professores e alunos na sala de aula, produziram resultados que reverteram em uma prática docente que impulsionou, tanto os alunos na sala de aula, para um papel mais atuante e reflexivo em relação ao material de ensino, quanto os licenciandos, que iniciaram uma “desacomodação”, propiciada pelos constantes questionamentos que se efetuaram no contexto de formação na escola. O evento “questionamento”, resultante da reflexão nas situações-problema, na ótica da formação de alunos e professores investigativos, foi o elemento que uniu alunos, professor/pesquisador e professores em formação, proporcionando um contexto dinâmico de produções de significações (Fig. 6).



Figura 6 – Representação do fluxo cíclico e recursivo dos conhecimentos produzidos no contexto escolar, fundamentado em uma metodologia de situações-problema significativas, na perspectiva teórica de Vergnaud, Schön-Nóvoa e Demo.

A pesquisa também resultou em uma proposta metodológica dos campos conceituais na qual, são focalizados o papel do professor no contexto escolar e da sala de aula, na mediação da aprendizagem através das situações problematizadoras, em dois momentos (Fig. 7):

**1º MOMENTO: PROFESSOR-PESQUISADOR/PROMOVENDO O ALUNO-
INVESTIGADOR**



**2º MOMENTO: PROFESSOR E ALUNO PESQUISADOR ATRAVÉS DAS
SITUAÇÕES PROBLEMATIZADORAS CONTEXTUAIS/SIGNIFICATIVAS**

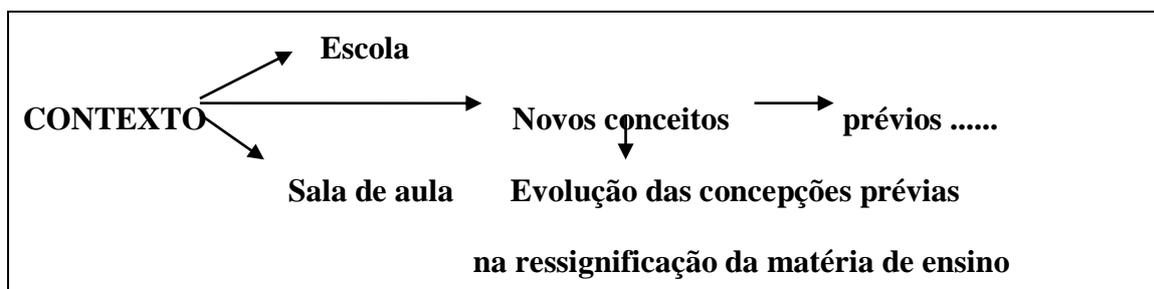


Figura 7 – Estrutura metodológica dos campos conceituais fundamentada nas situações-problema contextualizadas; para a análise das interações (produtoras de conceitos) e de promoção de conhecimentos em ciências.

4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

4 1 Primeiro capítulo: A teoria dos campos conceituais e a aprendizagem de ciências e biologia dos estudantes de ensino médio

4 1 1 Justificativa e ideias sistematizadoras

O capítulo 1 propõe uma discussão em torno do aprender a aprender do aluno, em situações de ensino problematizadoras, desenvolvidas no contexto da sala de aula. Na análise dos conceitos construídos pelos estudantes (os invariantes operatórios), identifica-se as dificuldades para determinar as situações-problema mais adequadas para promover as conceituações. Percebeu-se a importância, para a promoção de conceitos, da interação dos significados construídos pelo professor, com as estruturas cognitivas prévias dos estudantes. Estas interações são necessárias no desenvolvimento de situações-problema significativas, com potencial para as conceituações em ciências e biologia. Nesta relação, o professor aprende, modifica-se. Situações de ensino para a explicitação dos conhecimentos pelos alunos; debates, discussões e aulas práticas interativas, como as explicitadas em Tauceda (2013), “Laboratório de biologia na escola: desafios e perspectivas.”, e no resumo “Projeto Reestruturação do laboratório de biologia no colégio Júlio de Castilhos”, também possibilitam a negociação de significados/conceitos. Através da identificação dos invariantes operatórios na resolução de situações-problema, constatou-se a evolução conceitual ou a permanência nas concepções prévias; estes resultados reforçam o aspecto contextual da aprendizagem.

4 1 2 Produção relacionada ao tema do capítulo 1:

Artigos completos apresentados em eventos científicos e publicados em Atas:

1. TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M., DEL PINO, J. C. A teoria dos campos conceituais no estudo da origem do universo e da vida com alunos do ensino médio. In: V EREBIO - Encontro Regional de Biologia Sul e IV ICASE – Simpósio Latino-

americano de Educação em Ciências – PR, Londrina: 2011. **Atas do V EREBIO e IV ICASE, Londrina: Universidade Estadual de Londrina (UEL)**, T156, 2011. www.uel.br/ccb/biologiageral/eventos/erebio/comunicacao.html

2. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. A resolução de problemas e a aprendizagem dos conceitos sobre metabolismo celular no referencial teórico dos campos conceituais. In: SINECT- III Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – PR, Ponta Grossa: 2012. **Atas do III SINECT, Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)**, CD-ROM, 7pdf, 2012. <http://www.sinect.com.br/2012/ensalamento.php?ordem01=area>

3. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C. NUNES, V. M. A aprendizagem do conceito de fotossíntese no ensino médio através de situações-problema no referencial teórico dos campos conceituais. In: VI EREBIO – Encontro Regional de Ensino de Biologia – RJ, Rio de Janeiro: CEFET, 2012. **Atas do VI Encontro Regional de Ensino de Biologia (VI EREBIO)**, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ), 2012. CDROM.http://www.sbenbio.org.br/regional2/vi_erebio_trabalhos_pq.html (PQ 68)

4. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e as interações na sala de aula. In: VIII Congresso da Rede Latino-Americana Pedagogia, Linguagem e Democracia – SP, Rio Claro: 2013. **Atas do VIII Congresso da Rede Latino-Americana Pedagogia, Linguagem e Democracia**, Rio Claro: UNESP, 2013, CD-ROM. http://www.rc.unesp.br/latinoamericana/apresentacao_oral.html (eixo 4).

Artigos completos apresentados em eventos científicos e publicados em revista:

5. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: uma proposta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio. In: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias – Espanha,

Girona: 2013. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 754-758, 2013.
http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/htm/comunicaciones.html

6.. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A aprendizagem da fotossíntese no ensino médio através de aulas experimentais no referencial da teoria dos campos conceituais: uma proposta metodológica e alguns resultados parciais. In: XII Encontro sobre Investigação na Escola – RS, Santa Maria: UFSM, 2013. **CCNEXT-Revista de Extensão/Centro de Ciências Naturais e Exatas-UFSM**, v. 1, n. 1, 2014.

Artigos completos aceitos para evento científico

7. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. Os conceitos de universo e vida desenvolvidos a partir do referencial teórico dos campos conceituais em estudantes do ensino médio na disciplina de biologia. In: **III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Meio Ambiente** – RJ, Niterói: Universidade Federal Fluminense (UFF), 2012.
www.ensinosaudeambiente.com.br/eneciencias/?pag¬_id=338LinkPrograma/

Apresentação trabalhos

8. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais na aprendizagem em biologia: dificuldades e perspectivas através da análise de alguns resultados no ensino médio. In: **VI Encontro Regional sul de Ensino de Biologia** – RS, Santo Ângelo: Universidade Regional Integrada (URI), 2013.
www.santoangelo.uri.br/erebiosul2013/?page_id=262
www.santoangelo.uri.br/erebiosul2013/inscricao/resumo/13590_301_Karen_Cavalcanti_Tauceda.pdf

Resumo aceito para evento científico

9. TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. Projeto “Reestruturação do Laboratório de Biologia” no Colégio Estadual Júlio de Castilhos: possibilidades de aprendizagens através da Teoria dos Campos Conceituais. In: **XI FÓRUM FAPA:**

Conhecimento fazendo diferença – Porto Alegre: FAPA (Faculdade Porto Alegrense), 24 de novembro e 1 de dezembro de 2012. Folder673.pdf, 2012.

Artigo publicado em revista

10. TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. O desenvolvimento de possíveis indicadores de invariantes operatórios por estudantes do ensino médio na disciplina de biologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.8, n.1, p. 98-110, 2013. <http://if.ufmt.br/eenci/index.php?go=artigos&idEdicao=33>

Artigo que será submetido à revista

11. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. A Teoria dos Campos Conceituais e a aprendizagem da célula através da conceituação de enzima com alunos do ensino médio. **Enseñanza de las Ciências**

Capítulo de livro

12. TAUCEDA, K. C. O laboratório de biologia na escola: desafios e perspectivas. In: SCHÄFFER, N. O.; TRAVERSINI, C. S.; TOUGUINHA, L. A. (Orgs.) **A Construção Cotidiana da Docência**, Porto Alegre: Ed. Oikos, 2013. p. 81-92.

Apresentação de trabalho em evento de educação no contexto escolar (atividades relacionadas aos apêndices e ao capítulo do livro)

TAUCEDA, K. C. **A educação científica como prática em sala de aula: reflexões e relato de experiências**. In: I Jornada Ensino Médio – Docência e Identidade – Porto Alegre: Colégio Estadual Júlio de Castilhos/Núcleo de Integração Universidade & Escola (Pró Reitoria de Extensão/UFRGS). Ata da Fundação de Apoio ao Colégio Júlio de Castilhos, Livro n. 1, f. 10, reg. 5, 31 de agosto de 2011. (APÊNDICE 10 1 3, p. 332)

TAUCEDA, K. C. **A história da ciência em HQ - Evolução da ideia de universo**. In: II Jornada Ensino Médio – Docência, Identidade e Autoria - Porto Alegre: Colégio

Estadual Júlio de Castilhos. Ata da Fundação de Apoio ao Colégio Júlio de Castilhos, Livro n. 1, f. 14, reg. 9, 31 de agosto de 2012. (APÊNDICE 10 1 4, p. 333)

TAUCEDA, K. C. **O laboratório de biologia na escola – Desafios e perspectivas**. In: II Jornada Ensino Médio – Docência, Identidade e Autoria - Porto Alegre: Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Ata da Fundação de Apoio ao Colégio Júlio de Castilhos, Livro n. 1, f. 14, reg. 10, 31 de agosto de 2012. (Referente ao artigo 7 3)

4 2 Segundo capítulo: A teoria dos campos conceituais e a formação de professores de ciências

4 2 1 Justificativa e ideias sistematizadoras

O 2º capítulo analisa o aprender a ensinar do professor através da construção de conceitos relacionados ao ensino de ciências, em um aprender a aprender. No contexto de formação inicial, identificou-se dificuldades para estabelecer situações problematizadoras, e isto pode ter contribuído para que os invariantes elaborados na resolução das situações-problema, não indicassem uma evolução conceitual, uma ressignificação. No contexto de formação continuada, os invariantes produzidos na resolução de situações prototípicas, indicaram também um distanciamento e uma ausência da evolução dos significados/conceitos com aqueles compartilhados pela academia. O contexto de ensino dos formadores de professores também é problematizado nesta pesquisa. Nas investigações de formação inicial e continuada, as situações/contextos sociais direcionaram a aprendizagem em ciências, reforçando a ideia de que aprender a aprender através da ressignificação dos conceitos prévios, em situações problematizadoras, é fundamental para aprender a ensinar.

A aplicação deste referencial possibilitou também, para a professora/pesquisadora, reflexões sobre “o erro” no processo de ensino-aprendizagem, como foi evidenciado em Tauceda e Del Pino (2014c). Neste artigo são discutidas as situações-problema como elementos formativos; para o professor, na reflexão-ação e, para o aluno pesquisador, nos questionamentos no contexto da sala de aula.

Considerações sobre a importância das interações que se estabelecem na sala de aula foram apresentadas em Tauceda et al. (2013a), principalmente no que diz respeito ao papel mediador do professor, entre os conhecimentos produzidos pelos alunos de ensino médio de biologia, e as situações problematizadoras que nortearam o debate na construção de significados. Estes elementos conduziram também a formação da professora/pesquisadora.

4 2 2 Produção relacionada ao tema do capítulo 2:

Artigos completos apresentados em eventos científicos e publicados em Atas

13. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. O PIBID na formação inicial de professores de ciências da natureza: uma pesquisa no referencial dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SP, Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2014. www.adaltech.com.br/testes/ixenpec/indiceautor.htm#k

14. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais e a formação inicial de professores através do PIBID: alguns resultados relacionados à conceituação de epistemologia. In: IX Salão de Ensino – RS, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. **Atas do IX Salão de Ensino**, Porto Alegre: UFRGS, 2014. www.lume.ufrgs.br/handle/10183/90997

15. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. O PIBID na formação inicial de professores de química: alguns resultados no referencial dos campos conceituais de Vergnaud. In: **VII Encontro Ibero-americano de Coletivos y Redes de Maestros y Maestras que acne Investigación e Innovación desde su Escuela y Comunidad** – Peru, Cajamarca: 2014. (20 a 25 de julho de 2014)

<http://coletivoperuanododocentes.webnode.es/200000183-c6383c8365/eje%201.1.pdf>

Artigo completo apresentado em evento científico e publicado em revista

16. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais e a reflexão-ação na formação dos professores de ciências através do PIBID. In: VI Congresso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciências – Colômbia, Bogotá: 2014. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, número extra (Universidade de São Tomás, 8 a 10 de outubro de 2014).

Artigos completos aceitos para apresentação em eventos científicos

17. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A aprendizagem significativa de Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud na formação de professores de ciências através do PIBID. In: **5º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa** – Pará, Belém: 2014. (UEP-Universidade Estadual do Paraná, 1 a 5 de setembro de 2014).

18. TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais e a reestruturação curricular do ensino médio do Rio Grande do Sul: uma análise inicial a partir de situações relacionadas ao ensino de ciências. In: **V Encontro Nacional de Ensino de Biologia/II Encontro Regional de Ensino de Biologia-Regional 1**—São Paulo, São Paulo: 2014. (USP-Instituto de Biociências, 8 a 11 de setembro de 2014). Publicação na Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira do Ensino de Biologia (SBEnBio)

Resumo publicação em revista

19. TAUCEDA, K. C. E DEL PINO, J. C. A avaliação na perspectiva dos campos conceituais de Vergnaud: um estudo do ensino-aprendizagem de ciências em diferentes níveis. In: ICSE2014 – 2d International Congresso of Science Education – Paraná, Foz do Iguaçu: 2014. **Journal of Science Education**, número especial. (Parque de Itaipu, 27 a 30 de agosto de 2014)

Artigo que será submetido à revista

20. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. Interação da teoria pedagógica com a prática docente – a reflexão-ação: contribuição dos campos conceituais para a formação de professores de ciências através do PIBID. Será submetido à **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**.

4 3 Terceiro capítulo: Considerações teóricas - A teoria dos campos conceituais, o aprender a aprender e a reflexão-ação

4 3 1 Justificativa e ideias sistematizadoras

No capítulo 3, relaciona-se os três referenciais teóricos em termos epistemológicos e pedagógicos, traçando um paralelo com a pedagogia tradicional. Através de comparações, procura-se questionar o significado destas “metodologias” no contexto da sala de aula, onde aluno e professor se constituem através desta interação. Propõe-se uma reflexão sobre o aprender e o ensinar, a partir da compreensão de que estas ações se desenvolvem em um mesmo contexto problematizador, a escola e a sala de aula. Nesta perspectiva, o aluno e o professor apresentam uma mesma epistemologia, a investigação, frente às situações contextuais que tensionam as ideias. Não em um sentido de substituí-las por outras “melhores”, mas em um significado de construção a partir do que já compreendemos. Segundo Vergnaud e Ausubel, esta é a aprendizagem significativa, na qual os sujeitos dão sentido aos seus conhecimentos. Este capítulo encerra a tese através destas reflexões, que podem tensionar algumas ideias dos leitores. Em primeiro lugar, sobre o papel que o aluno possui no contexto social da escola. Apesar de inúmeras pesquisas acadêmicas mostrarem que para o aluno aprender, ele deve ser sujeito ativo na sua aprendizagem, os professores da escola pública (utilizando como referência a escola onde foi realizada a pesquisa), não mostram uma apropriação destes significados. Em segundo lugar, as reflexões que foram proporcionadas através dos debates, durante e após as ações educativas, junto aos seus pares, alunos e academia, formou (e ainda está formando) a identidade da professora/pesquisadora. Isto é explicitado em muitas reflexões que são apresentadas neste capítulo. Em terceiro lugar, questionamos a ideia da aprendizagem “centrada no aluno” ou “centrada no

professor”. Se estes sujeitos da aprendizagem se encontram no contexto escolar, é aí que devem ser problematizados os conhecimentos, por alunos e professores. Sem dúvida, é o professor que apresenta potencial para mediar os conhecimentos de ensino e aqueles que o aluno já traz em suas estruturas cognitivas (prévios, cotidianos). Mas se o professor desenvolveu uma prática-reflexiva através de um contexto de situações problematizadoras, organizadas pelos seus formadores, ele provavelmente desenvolverá conhecimentos que lhe proporcionarão uma evolução conceitual, que se reverterá em sua prática. Por sua vez, ele desenvolveu a sua reflexão a partir das ideias explicitadas pelos seus alunos que vivenciam o contexto educativo, e os seus formadores organizaram as situações a partir das ideias dos professores, que as desenvolveram na prática em sala de aula. É um “ciclo”, em que os conceitos de alunos e professores estão entrelaçados no campo conceitual do ensino-aprendizagem em ciências.

4 3 2 Produção relacionada ao capítulo 3:

:

Artigo completo aceito para apresentação em evento científico

21 TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais e a reflexão-ação na formação docente em ciências: convergências teóricas e implicações práticas. In: **II Simpósio Internacional de Enseñanza de las Ciéncias online** – (Orgs.) REEC/Universidade de Vigo-Espanha/Educación Editora/Rev. Formación e Inovación: 2014.

Artigo completo publicado em Ata

22. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, o ensino baseado na narrativa do professor e do “aprender a aprender”: diferenças, similaridades e epistemologias. In: **5º SBECE-Seminário Brasileiro de Estudos Culturais e Educação e 2º SIECE-Seminário Internacional de Estudos Culturais e Educação** – RS, Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2013. **Atas do 5º SBECE/2º SIECE**, Canoas: Editora ULBRA, p.70.
www.sbece.com.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=865

Resumo aceito para apresentação em evento científico

23. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. O ensinar e o aprender ciências na perspectiva do aprender a aprender: reflexões e algumas propostas metodológicas a partir do referencial dos campos conceituais. In: **X Salão de Ensino** – RS, Porto Alegre: 2014. (UFRGS, de 22 a 24 de outubro).

Artigo publicado em revista

24. TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. Processos cognitivos e epistemológicos da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, do ensino narrativo e do aprender a aprender. **Ciência & Cognição**, v. 19, n. 2, p. 256-266, 2014.

Artigo que será submetido à revista

25. TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. Os contextos/situações problematizando a aprendizagem de ciências: uma análise do significado de ser aluno e professor investigador na perspectiva dos campos conceituais. Será submetido a **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** (Texto modificado relativo à introdução da tese).

5 Primeiro Capítulo

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA RELACIONADA AO TEMA:

“A teoria dos campos conceituais e a aprendizagem de ciências e biologia dos estudantes de ensino médio”.

**5 1 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E A APRENDIZAGEM DOS
CONCEITOS SOBRE METABOLISMO CELULAR NO REFERENCIAL
TEÓRICO DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

*PROBLEM SOLVING AND LEARNING CONCEPTS OF CELLULAR METABOLISM
ON THE THEORETICAL FIELDS OF CONCEPTUAL*

Karen Cavalcanti Tauceda⁴

José Cláudio Del Pino⁵

Vladimir Magdaleno Nunes⁶

RESUMO

Este trabalho, que começou em 2011, faz parte de uma pesquisa mais ampla de Doutorado em Educação em Ciências nos referenciais da Teoria dos Campos Conceituais de G. Vergnaud e da Aprendizagem Significativa de D. Ausubel. Este estudo descreve e discute alguns resultados referentes à aprendizagem de conceitos biológicos (metabolismo célula – fermentação e fotossíntese), na disciplina de biologia do 1º ano do ensino médio, em uma escola pública estadual de Porto Alegre/RS. Os resultados iniciais indicam a relevância da identificação da estrutura conceitual dos conhecimentos prévios para orientar as situações-problema e a importância da

⁴ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktaucedaterra@terra.com.br.

⁵ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

⁶ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

identificação das situações-problema adequadas para o processo de conceituação destes temas de biologia.

Palavras-chave: campo conceitual, aprendizagem significativa, metabolismo celular, fotossíntese.

Abstract

This work, which began in 2011, is part of a broader research Doctorate in Science Education in the references of the Theory of Conceptual Fields of G. Vergnaud and D. Significant Learning Ausubel. This study describes and discuss some results concerning the learning of biological concepts (metabolism - cell fermentation and photosynthesis), the discipline of biology gives a grade school in a public school of Porto Alegre. Initial results indicate the importance of identifying the conceptual framework of prior knowledge to guide the problem-situations and the importance of identifying problem situations suitable for the process of conceptualization of these issues in biology.

Key-words: conceptual field, significant learning, cellular metabolism, photosynthesis.

INTRODUÇÃO

A compreensão dos alunos dos conceitos básicos das ciências biológicas é importante na aprendizagem dos fenômenos biológicos, físicos e químicos. Carrascosa (2005) e Medeiros et al. (2009), salientam que muitos alunos memorizam o conteúdo ou aprendem concepções alternativas não cientificamente aceitas; o ensino e o currículo são defasados, resumindo a educação científica ao uso dos livros didáticos, limitando então o processo criativo do aluno e professor. O ensino-aprendizagem destes conceitos (por professores de diferentes níveis) torna-se então uma tarefa difícil.

O ensino da fotossíntese, por exemplo, tem sido considerado difícil em função das concepções prévias dos alunos, muito diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica (SOUZA e ALMEIDA, 2001; BONZANINI e BASTOS, 2004). Também são descritas dificuldades, resultado de utilização de certos materiais instrucionais (livro didático): não compreensão da fotossíntese como um processo de síntese, não

relacionamento deste processo com a célula e os processos bioquímicos entre si, não relacionamento destes processos com o meio ambiente (TAUCEDA et al. 2011).

O campo conceitual relacionado ao metabolismo celular (isto é, todos os conceitos com suas propriedades, procedimentos e relações que dão significado a diferentes situações de determinada área do conhecimento) é fundamental para o ensino de biologia. Estes conhecimentos possibilitam a compreensão da evolução das condições abióticas da Terra primitiva e sua relação com o funcionamento celular para a obtenção de energia; da importância da fotossíntese como precursora de outras formas de metabolismo energeticamente mais eficientes; das relações entre diferentes tipos de metabolismo e como eles se retroalimentam; da cadeia alimentar; das consequências ecológicas da fotossíntese e os problemas ambientais a ela relacionados.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) e a Aprendizagem Significativa (AS)

A TCC de Vergnaud é uma teoria cognitivista que apresenta relações com a teoria pedagógica de Ausubel (MOREIRA et al. 2004). Ambas as teorias mencionam a importância dos conhecimentos prévios dos alunos, o conhecimento a ser aprendido e as situações na sala de aula que promoverão as interações das estruturas cognitivas (esquemas de assimilação, invariantes operatórios) do conhecimento do aluno e do conceito a ser aprendido (VERGNAUD, 2005; MOREIRA et al. 2004). A AS é o processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) à estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL et al., 1980).

A teoria de Vergnaud é uma teoria psicológica do processo de conceituação do real, que depende muito da situação e da conceituação específica (VERGNAUD, 1990). Um conceito adquire sentido por meio de situações e problemas que o aluno venha a resolver (VERGNAUD, 1996) e através das relações que estabelece com outros conceitos (NOVAK, 1981). Para Vergnaud (1990), o saber se forma de problemas para resolver, situações para dominar. Na descoberta de relações e hipóteses, surgirão procedimentos que produzirão uma solução.

Segundo Vergnaud (1996) todo conceito envolve três conjuntos: (S): o conjunto de situações que tornam o conceito útil e significativo; (I) o conjunto de invariantes operatórios que podem ser usados pelo sujeito para resolver estas situações e são constituídos de conceitos-em-ação (objeto, predicado ou uma categoria de

pensamento tida como pertinente, relevante a uma determinada situação) e teoremas-em-ação (uma proposição tida como verdadeira sobre o real); (R) o conjunto de representações simbólicas – linguísticas, gráficas ou gestuais – que podem ser usadas para representar invariantes, situações e procedimentos.

Vergnaud (1986) considera que as situações devem abordar uma diversidade de classes de problemas para que sejam encontradas todas as propriedades de um conceito; que uma situação geralmente implica em articular vários conceitos e que para dar sentido às novas situações os alunos aplicam seus conhecimentos prévios. Então, as situações são fundamentais para a articulação e significação dos conceitos, isto é, a conceituação.

A importância dos conhecimentos anteriores para o desenvolvimento cognitivo dentro de um campo conceitual (constituídos por conceitos funcionais) é a articulação entre a teoria cognitivista de Vergnaud e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (MOREIRA e OSTERMANN, 1999). Cabe ao professor propor situações problemáticas adequadas para este fim.

A resolução de situações-problemas

A resolução de problemas na teoria de aprendizagem de Ausubel é qualquer atividade na qual a representação cognitiva de experiência prévia e os componentes de uma situação problemática apresentada são reorganizados a fim de atingir um determinado objetivo. Este determinado objetivo corresponde à necessidade cognitiva dos novos conceitos. (AUSUBEL, 2003). A TCC acrescenta que esta reorganização conceitual promovida pelas situações que o aluno consegue resolver é fundamental no processo de conceituação, isto é, no avanço cognitivo (VERGNAUD, 1990). Como o conceito só existe em situação é a situação que dá o sentido aos conceitos, as situações problema parecem ser o ápice de todo o processo de aprendizagem (MOREIRA, 2004).

Um conceito se torna significativo quando os alunos dominam progressivamente uma variedade de situações, moldando seus conhecimentos. Vergnaud (1996) também denomina a compreensão destas situações de “resolução de problemas”. Ele afirma que este desenvolvimento é lento. Então, quanto mais situações problemáticas o professor debater com seus alunos, procurando interagir os conhecimentos destas situações com a estrutura conceitual (invariantes operatórios e

esquemas) dos conceitos prévios dos estudantes com a estrutura conceitual dos conhecimentos que se quer ensinar, mais chance tem os alunos de desenvolver-se cognitivamente em determinados campo conceitual, isto é, eles conceituam.

JUSTIFICATIVA

O artigo⁷ foi pensado em consequência da identificação das dificuldades do ensino-aprendizagem de certos conceitos biológicos no ensino médio, particularmente os relacionados ao metabolismo celular (por exemplo, a fotossíntese) por serem abstratos e complexos (relacionam-se com diferentes conceitos) no referencial teórico de Vergnaud.

OBJETIVOS

- Identificar e analisar as estratégias cognitivas que os alunos desenvolvem para resolver uma situação-problema, isto é, os invariantes operatórios, com o objetivo de formular situações que promovam a aprendizagem significativa.

- Identificar e categorizar classes de situações, percebendo-se quais esquemas (conceitos) poderão ser construídos a partir destas situações.

- Desenvolver situações que propiciem a explicitação de invariantes operatórios implícitos para que ocorra a negociação de significados (aluno/aluno/professor).

METODOLOGIA

Este estudo em andamento, referente ao doutorado no PPG - Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde iniciou em março de 2011, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos/RS. Esta pesquisa refere-se à aprendizagem dos conceitos relativos ao

⁷ O texto apresenta algumas modificações para torna-lo mais explicativo, principalmente na metodologia.

metabolismo celular (fermentação, fotossíntese e respiração celular). Será discutido somente as estruturas conceituais de introdução do conceito de fotossíntese, que necessariamente farão referência aos conceitos já trabalhados da fermentação. Um dos aspectos deste estudo é a comparação entre turmas na promoção da aprendizagem significativa. No ano de 2010, as aulas ocorreram sem a aplicação da Teoria dos Campos Conceituais, e foram produzidos conhecimentos pelos alunos, em resposta a tarefas de ensino, por exemplo, provas e testes, que foram utilizados como exemplo de uma turma sem a aplicação da TCC (T2). Esta metodologia começou a ser utilizada a partir de 2012, porque a partir deste ano, iniciou-se uma pesquisa sobre “A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) e a aprendizagem em biologia no ensino médio”, nas turmas de 1º, de regência da autora (adaptado de Krey e Moreira, 2009)

(T1): foi utilizada metodologia na perspectiva da TCC (5 turmas)

(T2): não foi utilizada metodologia tradicional (1 turma)

Estas turmas, da disciplina de biologia são da regência da autora da pesquisa e cada uma tem aproximadamente 30 alunos. O período para a realização das atividades referentes ao campo conceitual do metabolismo foi de aproximadamente de quatro meses, pois a aprendizagem despende muito tempo e nem sempre coincide com o período de ensino (VERGNAUD, 1990).

(T1) - denominada “ensino diversificado”:

Este ensino é baseado em situações-problema potencialmente significativas, tanto na introdução de conteúdos como das situações-problema para avaliação de aprendizagem (com produção de textos). Todas as situações, tem como objetivo promover a conceituação, porém, as situações avaliativas também identificam o desenvolvimento da aprendizagem, neste processo. O significado de situação-problema nesta pesquisa não é a mesma daquele dos exercícios de fim de capítulos dos livros texto. É uma situação generativa, produtiva, isto é, o aluno percebe como problema e para resolvê-lo, dá sentido aos conceitos necessários para solucioná-lo (VOSNIADOU, 1994). Para que ocorra a aprendizagem significativa, considera-se a estrutura conceitual que se quer ensinar, a estrutura cognitiva do aluno, o desenvolvimento cognitivo (filiações/rupturas) frente às situações-problema, e o tempo longo para ocorrer à aprendizagem.

As interações (aluno/aluno/professor), nas discussões da apresentação dos conteúdos e nas discussões da apresentação das situações-problema (avaliações), considera o desenvolvimento cognitivo, na abordagem da TCC. É enfatizado o debate (tornar os conhecimentos implícitos em explícitos), negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (Grossi, 2006). Não é apresentado para os alunos, o conhecimento “pronto” (formalismo do ensino tradicional).

Serão propostas atividades de ensino diversificadas: situações-problema potencialmente significativas teóricas.

Situações teóricas

São de 2 tipos, discussões (situações para a introdução de conceitos) e tarefas (situações de avaliação). As situações teóricas são problemas que ao resolvê-los, o aluno deverá demonstrar compreensão dos conceitos, explicando-os, aplicando-os, fazendo previsões, e não propondo respostas que demonstrem simples memorização (VOSNIADOU, 1994). A compreensão a que nos referimos, não é a repetição dos conceitos da matéria de ensino, é a explicitação de conhecimentos que evidenciam uma ressignificação da matéria escolar. Isto é evidenciado quando o aluno constrói conhecimentos que apresentam relação com suas concepções prévias, as situações e a matéria de ensino isto é, são conhecimentos produzidos a partir da modificação destas na resolução das situações-problema. As discussões, chamadas organizadoras de concepções prévias (no pequeno e grande grupo), e as tarefas (realizadas individualmente) tem o objetivo de identificar os conceitos subsunçores (conhecimentos prévios) e “tencionar” os alunos para relacioná-los com os novos conhecimentos (conceitos que se quer ensinar). Nesta interação ocorrerá a reformulação e a ressignificação dos conceitos indicando uma aprendizagem significativa.

Nas discussões ocorre a negociação de significados entre aluno/aluno/professor, através da linguagem, pois os conceitos não são apresentados “acabados”, “prontos”. O aluno é direcionado a resolver as situações problemáticas através da reflexão de suas estruturas cognitivas prévias com o “inacabado” conceitual proposto (situações).

É fundamental desenvolver problemas potencialmente significativos, que gere no aluno uma “necessidade cognitiva” do conceito trabalhado. Estas situações só terão

sentido a partir da aplicabilidade do conceito que se quer ensinar, isto é, através da interação dos conhecimentos prévios com o novo conhecimento (conceituação). A negociação de significados através da mediação do professor, discussões dirigidas, onde a linguagem é importante são chamadas situações teóricas. As negociações têm como o objetivo, identificar conhecimentos prévios (nas situações de apresentação dos conceitos e situações avaliativas) (adaptado de Krey e Moreira, 2009).

As situações teóricas são constituídas de:

| |
|--|
| Situação para introdução de conceitos: promover as conceituações, ao longo das atividades de ensino (discussões no pequeno e grande grupo) |
| Situações-problema 1 (avaliação): identificação dos conhecimentos prévios (texto), individual |
| Situações-problema 2 (avaliação): identificar o desenvolvimento da aprendizagem (texto), individual |
| <ul style="list-style-type: none">• As situações-problema (1 e 2) devem promover a explicação e aplicação dos conceitos envolvidos e suas relações. |

O objetivo das situações (potencialmente significativas) é favorecer a aprendizagem significativa do aluno e a conceituação (Krey e Moreira 2009; Ausubel et al. 1980) e testar seus modelos explicativos em diferentes contextos e situações (formação de esquemas) (VERGNAUD, 2004).

(T2) - denominada “ensino tradicional”:

Não apresenta situações-problema na apresentação dos conteúdos. A mediação aluno/aluno/professor é reduzida.

Na situação teórica de introdução dos conceitos, a metodologia constou de uma apresentação de conceitos relacionados aos conteúdos que se quer ensinar. Estes, não serão inseridos em situações-problema. A aula é caracterizada como do tipo expositiva, narrativa, segundo Moreira (2011). As situações-problema avaliativas serão as mesmas de T1. A diferença será a mediação do professor e o aspecto conceitual da apresentação dos conteúdos, isto é, sem a apresentação de situações problema como introdutórias dos conceitos. Este é apresentado pronto, pois a definição de conceito na pedagogia

tradicional não é a de Vergnaud (no ensino tradicional, o conceito não está relacionado há uma situação problemática que o aluno deve solucionar). Serão poucas intervenções e questionamentos na apresentação dos conteúdos assim como na apresentação de situações-problema avaliativas. Esta metodologia não enfatiza a organização de momentos em que sejam oportunizadas mediações entre aluno/aluno/professor. Isto porque não há a preocupação de identificar os conhecimentos prévios, por meio de discussões ou tarefas escritas. Se conhecimentos prévios forem explicitados, estes não serão utilizados para a reformulação das situações-problema avaliativas.

Em T1 e T2 serão produzidos possíveis invariantes operatórios que serão listados para identificar quão distantes estão dos conceitos científicos e, em T1, quais reformulações nas situações serão necessárias.

A análise dos dados (respostas das situações teóricas avaliativas – tarefas da T1 e T2) será qualitativa, utilizando o critério de desempenho nas atividades propostas (nível de compreensão no desenvolvimento dos conceitos de ensino) (adaptação de Krey e Moreira, 2009).

Situações-problema (avaliativas):

| |
|--|
| <p>(Situação-problema 1) Como a célula heterotrófica (fermentativa) obtém energia para sobreviver no ambiente da Terra primitiva?</p> |
| <p>(Situação-problema 2) Como esta célula fermentativa sobreviverá em um ambiente com poucas moléculas orgânicas, isto é, não poderá mais depender de moléculas orgânicas (m.o.) do ambiente para obter a energia, provocando assim a sua evolução?</p> |

O objetivo destas explicações é identificar as limitações do processo metabólico da fermentação em situação ambiental modificada (redução de moléculas orgânicas - m.o. - disponíveis no ambiente). Desta forma, é introduzida a necessidade de um processo de obtenção de energia independente da existência de m.o. no ambiente: a fotossíntese. O aluno não apresenta conhecimentos para compreender este processo, mas ele poderá (através da compreensão do processo anterior, a fermentação) perceber que esta é insuficiente para a sobrevivência da célula, propondo então um modelo de

metabolismo diferente. Este modelo se relaciona com as condições ambientais em modificação, que promoverão a sua evolução: os gases da atmosfera primitiva, principalmente o vapor d'água interagindo com a eletricidade dos raios atmosféricos e modificando a sua estrutura molecular. Esta interação produzirá átomos de oxigênio, que combinados formarão moléculas de gás ozônio. Estas formarão a camada de ozônio que impedirá a entrada, na atmosfera do excesso de eletricidade, calor e radiação. Este bloqueio inibirá a síntese de m.o., acarretando sua escassez no ambiente para as células primitivas (fermentativas) que as utiliza para seu alimento. Esta compreensão da situação ambiental faz com que o aluno compreenda, na situação-problema, conhecimentos que irão fornecer sustentação para a elaboração da ideia de limitação do processo metabólico da fermentação e da modificação ambiental como promotora da evolução de células. Estas apresentarão outro tipo de metabolismo, que não dependa das m.o. do ambiente.

RESULTADOS

Estes resultados apresentam um caráter inicial, dado o estágio em que se encontra esta pesquisa. Foi mantida o estilo textual dos estudantes neste trabalho.

O critério de escolha das repostas dos alunos referentes às situações-problema, em T1 e T2, foi a representatividade destas (similaridade de invariantes operatórios) no total das repostas dos estudantes.

Respostas de alguns alunos da turma com metodologia diferenciada:

Aluno 1: *“A célula precisa de m.o. para reagir junto com a radiação, o calor e a eletricidade e é importante para a liberação de energia que estava acumulada no interior da célula. Sem a m.o., não haverá liberação de energia nem evolução da célula fermentativa.”*

O conceito de “reação” é utilizado adequadamente ao sugerir a quebra de alguma molécula (o aluno não especifica qual) para liberar energia dentro da célula. Porém apresenta inadequações científicas. A ideia das reações químicas entre m.o., radiação, calor e eletricidade, no interior da célula para liberar energia, é inviável biologicamente. Os três últimos itens, por serem fontes de intensa e incontrolável energia na situação ambiental proposta, desestabilizam a célula e as m.o., causando destruição em curto ou longo prazo. Os sistemas biológicos toleram sua ocorrência (destes tipos de energias), desde que em pequenas quantidades e de maneira controlada (radiação natural do ambiente atual, calor produzido pelo metabolismo em seres heterótrofos e calor do sol nos seres autotróficos, eletricidade produzida pelos impulsos nas células nervosas). O conceito de enzima, responsável pela reação bioquímica das m.o. que liberará energia para a célula, confunde-se com o conceito de síntese de m.o., resultado ação da radiação, calor e eletricidade nos gases da atmosfera primitiva. Provavelmente, as situações-problema propostas para o conceito de enzima não foram adequadas. O aluno não propôs nenhum mecanismo alternativo para a escassez de m.o. no ambiente. Fala apenas da não possibilidade de evolução da célula fermentativa. Mas se não ocorreu a evolução da célula fermentativa, como irão surgir outros seres vivos com outros mecanismos de obtenção de energia? A resposta apresenta adequações e inadequações científicas. É respondida a situação-problema 1 mas não a 2.

Possíveis invariantes operatórios:

- | |
|---|
| 1. A liberação de energia dentro da célula ocorre através da reação de m.o. radiação, calor e eletricidade. |
| 2. A m.o. é importante para a liberação (de energia, provavelmente) e evolução da célula fermentativa. |

Aluno 2: *“As células se alimentaram das m.o. para obter energia, mas as m.o. acabaram por que elas comeram todas elas. As bactérias começaram a comer as células (já que não tinham mais m.o.), e já que as células produziam a sua própria m.o. e elas (as bactérias) precisavam disso.”*

O aluno compreende a cadeia alimentar autótrofo-heterótrofo-autótrofo, e propõe uma solução: heterótrofos (bactérias) alimentando-se de autótrofos (células que produzem novas m.o.). O aluno não compreendeu que a solução da situação proposta elaborada por ele “As bactérias começaram a comer as células...já que as células produziam a sua própria m.o. e as bactérias precisavam disso.”, contém a explicação correta para a situação proposta: a escassez de m.o. no ambiente para ser utilizada como alimento. A resposta é adequada cientificamente, responde a situação-problema 1 e deixa dúvidas se responde a situação-problema 2. Para determinar se o aluno realmente construiu o invariante operatório do conceito de fotossíntese seria necessário propor outras situações-problema para esta classe de situação.

Possíveis invariantes operatórios:

- | |
|--|
| 1. As células se alimentaram de m.o. para obter energia provocando a sua extinção. |
| 2. As bactérias começaram a comer as células que produziam a sua própria m.o., já que não existia mais m.o. no ambiente. |

Aluno 3: “... as m.o. foram acabando e a célula teve que evoluir. Então a célula para sobreviver passou a produzir sua própria glicose, essa glicose era quebrada pelo ATP que produzia energia para a célula. ”

Alguns conhecimentos que o aluno utiliza para explicar a solução metabólica da situação ambiental promotora de células fotossintéticas, são retiradas de conhecimentos elaborados nas situações referentes aos conceitos de enzima e fermentação, como por exemplo “quebra da glicose pelo ATP (enzima) liberando energia para a célula”. A célula autotrófica originada pressupõe a utilização do modelo de célula fermentativa, pois utiliza alguns aspectos do processo de fermentação, como por exemplo, a quebra da glicose pelo ATP para liberar energia. O aluno descreve a

evolução da célula autotrófica em função da escassez de m.o. do meio. A resposta é adequada cientificamente e responde às situações-problema propostas.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A célula teve que evoluir por que as m.o. foram extintas. |
| 2. A célula para sobreviver passou a produzir a sua glicose. |
| 3. A glicose era quebrada pelo ATP para liberar energia. |

Aluno 4: *“Para sobreviver, ela começa comendo as outras, depois como tudo isso e não adianta, ela começa a se reproduzir e consegue sobreviver. Para sobreviver ela precisa da glicose fermentativa que ela já tem, então produz ATP e com ATP + glicose se forma 2ATP e com isso ela sobrevive.”*

A situação-problema relativa à escassez de m.o. não foi interpretada pelo aluno como uma situação limite que provocaria uma “novidade” metabólica (fotossíntese). Pelo contrário, a “novidade” que o aluno propõe é o processo de reprodução. Ao mesmo tempo, é afirmado que a célula já possui glicose. Mas se não há mais síntese de m.o. no ambiente para a absorção das células heterótrofas, de onde vêm esta glicose? A afirmação de que a célula já apresenta glicose (para a reação fermentativa), pode indicar a existência de um conhecimento implícito de fotossíntese, pois a solução que o aluno propõe para a escassez de m.o., não é a possibilidade de produzir a sua m.o. (que seria e fotossíntese), mas a de se alimentar de células que começaram a reproduzir-se. A resposta é adequada cientificamente; responde à situação-problema 1 e talvez a 2. Deve-se então investigar se realmente o aluno conceituou a fotossíntese, propondo diferentes situações para que ele explicitasse este conhecimento implícito para torná-lo mais próximo do científico.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. Para sobreviver à célula absorve outras células. |
| 2. Para sobreviver à célula se reproduz. |
| 3. Para sobreviver ela realiza o processo fermentativo ATP + glicose. |

Respostas de alguns alunos pertencentes à turma tradicional (T2):

Aluno 1: *“As células sobrevivem através da ação do calor, radiação e eletricidade; as células formam m.o. As células e as m.o. formam energia para o meio ambiente”.*

Ocorrem diversas inadequações científicas nos invariantes operatórios da resposta deste aluno. As células são destruídas pelo calor, radiação e eletricidade e estes elementos não serão fator de sobrevivência para a célula. As m.o. formam a célula e não vice-versa, a não ser na fotossíntese. As células e as m.o. por serem ricas em energia em suas ligações químicas, podem ser consideradas um “estoque de energia” no meio ambiente. O aluno ao dizer que as células formam as m.o. na situação ambiental proposta, ele conceitua alguns elementos do campo conceitual da fotossíntese (síntese de carboidratos → m.o.), apesar de ainda não ter estudado este assunto. A resposta apresenta adequações e inadequações científicas e apresenta solução para a situação-problema 2 apenas.

Possíveis indicadores de invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. As células sobrevivem através da ação do calor, radiação e eletricidade. |
| 2. As células formam m.o. |
| 3. As células e m.o. formam energia para o meio ambiente. |

Aluno 2: *“A célula obtém energia através das m.o. e as m.o. obtiveram energia pelas reações (calor, radiação, eletricidade). Com isso, a célula quando colide com a m.o. quebra e libera energia quando não tem mais m.o.”*

O aluno identifica uma continuidade das condições ambientais (calor, eletricidade, radiação) com o “elemento estoque de energia” para a célula (m.o.). Os invariantes operatórios sobre como a célula fermentativa obtém energia, qual a fonte de energia da m.o., e sua relação com a célula são adequados cientificamente. O conceito de “reação” está inadequado, pois o aluno deixou incompleta a proposição que deveria ser “...a m.o. obteve energia das reações dos gases da atmosfera primitiva, que sob a ação da radiação, calor e eletricidade provocou a síntese destas m.o.” Falta também o conceito de enzima (que é a molécula biológica responsável pela liberação de energia da m.o.) e de uma tentativa de explicação para a situação “falta de m.o. no meio, como então a célula obterá energia?”

Possíveis indicadores de invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A célula obtém energia através das m.o. |
| 2. A m.o. obteve energia através das reações. |
| 3. Quando a célula colide com a m.o. ela libera energia. |

Aluno 3: *“A célula pega energia do ambiente, depois, a célula fermentativa deverá conseguir energia do ar.”*

Percebe-se que o aluno compreende erroneamente ambiente e ar. A explicação para isto seria, talvez, a maneira como é trabalhado, no ensino fundamental, o conceito de ambiente. Nos livros didáticos se dá ênfase às diferenças dos ambientes, ar, água, solo, porém, não existe a mesma preocupação em promover a unidade destes conceitos em problemas para conceituar o termo “ambiente”. A situação-problema proposta se refere ao conceito de ambiente na linguagem científica atual (relacionando fatores

abióticos e bióticos). Percebe-se que o aluno compreende “ar” não fazendo parte do ambiente, pois ele os distingue através da interação com as m.o. Bachelard (1972) afirma que a construção da nova racionalidade exige uma nova linguagem científica; esta se encontra em estado de revolução semântica permanente. É importante considerar os novos sentidos dos conceitos, nos limites de uma nova teoria científica. Caso contrário, ocorre um obstáculo epistemológico identificado por Bachelard como obstáculo verbal. O aluno deixa indefinido o objeto da ação “conseguir energia do ambiente”. Ao propor esta generalização do conceito de metabolismo, ele dificulta a elaboração do conceito de m.o. e posteriormente da fermentação. Segundo Bachelard (1972), um conhecimento geral corre o risco de se converter em um conhecimento extremamente vago, provocando o obstáculo da generalização. A afirmação: “A célula pega energia do ambiente ... e do ar.” pode indicar um conceito implícito de m.o. As situações-problema (das aulas teóricas e das avaliações) talvez não tenham promovido a conceituação e a explicitação deste conhecimento. A resposta é inadequada cientificamente e não propõe uma solução para as situações propostas.

Possíveis indicadores de invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A célula absorve energia do ambiente. |
| 2. A célula fermentativa conseguirá energia do ar. |

Aluno 4: *“A célula heterotrófica obtém energia através da ação do calor, radiação e eletricidade que provocam colisões”.*

Ocorre uma inadequação científica dos invariantes operatórios com relação ao conceito fermentativo de obtenção de energia. As colisões (provocadas por enzimas) são entre as m.o. Estas m.o. são resultado da reestruturação molecular dos gases da atmosfera primitiva provocada pela incidência de calor, radiação e eletricidade. A célula não pode obter energia através da ação direta do calor, radiação e eletricidade, pois este tipo de energia é instável e destrói os sistemas biológicos. Na evolução das moléculas químicas surgiram compostos que armazenam em suas ligações estas energias instáveis,

as m.o. Estes compostos formarão as células primitivas (bactérias) e serão absorvidas por elas, pois a energia agora estável, está armazenada na estrutura destas m.o. (ATP, glicose, lipídios). “Esta célula sobreviverá com escassez de m.o. fazendo fotossíntese para sua obtenção de energia.”. Este invariante operatório está correto cientificamente, pois cita a fotossíntese como o processo de obtenção de energia em situação de escassez de m.o. no ambiente. Apesar das atividades teóricas de introdução do conceito de fotossíntese não terem ocorrido, o aluno conceitua fotossíntese. Para identificar a ocorrência de esquema deste conceito, seria necessário propor diferentes situações desta classe (necessidade da produção de seu próprio alimento).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando uma classe de problemas é resolvida pelo estudante, o caráter problemático dessa classe específica desaparece, pois ele desenvolveu um esquema eficiente para lidar com todos os problemas desta classe (MOREIRA, 2004). Ao mesmo tempo é um processo cíclico, pois ele também será capaz de reconhecer novos problemas (VERGNAUD, 1994), pois ocorreu uma evolução conceitual, composta de diferentes conceitos, ressignificados. Observou-se, neste trabalho, que a situação-problema referente à fermentação não foi resolvida adequadamente em T2. Talvez uma explicação é a estruturação didática, que em de T2 é de caráter tradicional. Os alunos mostram, em suas respostas, que não conceituaram fermentação, ao contrário do que aconteceu em T1 (metodologia diferenciada). Ao mesmo tempo, T2 reconheceu novos problemas e conceituaram fotossíntese da mesma forma que T1 (que evidenciaram aprendizagem significativa no conceito de fermentação). Em relação ao conceito de fermentação, a conceituação foi mais evidente na turma diferenciada, e no conceito de fotossíntese não houve diferença de aprendizagem entre as turmas. Talvez a explicação está na situação-problema proposta. Esta situação apresentaria muitos elementos significativos para os alunos, isto é, faria parte da estrutura cognitiva destes. Vergnaud (1983) afirma que o domínio de situações prévias é importante para o domínio de situações novas. As situações prévias dominadas fazem parte da classe de situações referentes à fotossíntese, que foram desenvolvidas nos anos anteriores de escolaridade. A situação proposta neste trabalho, apesar de fazer parte da classe de situações da

conceituação da fotossíntese, é uma situação problemática nova e não familiar que requer máxima transformação do conhecimento adquirido (m.o., fermentação) formando algumas estruturas (invariantes operatórios) do campo conceitual da fotossíntese.

Segundo Ausubel et al. (1980), ao resolver a situação problemática 2 (T1 e T2), os alunos evidenciaram máxima transformação dos conhecimentos adquiridos (conceitos relacionados à fermentação), pois as situações problemáticas eram novas e não familiares evidenciando uma aprendizagem significativa.

Embora esta pesquisa esteja em seu estágio inicial, a teoria de Vergnaud indica ser um referencial adequado para análise das dificuldades dos alunos na resolução de problemas de biologia (e da conceituação). Na análise da estrutura dos invariantes operatórios, (conceitos e teoremas-em-ação) para a resolução de problemas é possível identificar quão distantes estariam dos invariantes operatórios científicos adequados, na resolução do problema em questão. Nesta pesquisa foram identificados diferentes possíveis invariantes operatórios para resolver as situações problema. Na turma tradicional, um aluno desenvolveu invariantes operatórios relativos à fermentação (processo de obtenção de energia), e dois alunos conceituaram a fotossíntese na situação proposta. Na turma diferenciada, todos os alunos indicaram invariantes operatórios relativos à fermentação e 2 alunos conceituaram a fotossíntese na situação proposta. A identificação destes invariantes é importante para formular situações-problema que sejam reconhecidas pelos alunos (que contenham elementos cognitivos prévios) e que se relacionem, em termos de construção conceitual, com os conceitos a serem ensinados.

Como as respostas dos alunos analisadas (oito) representam os tipos de invariantes que foram elaborados, podem-se ter alguns indicativos da influência na aprendizagem significativa, da TCC. Por exemplo, em relação ao conceito de fermentação, a conceituação foi mais evidente na turma diferenciada, e no conceito de fotossíntese não houve diferença de aprendizagem entre as turmas pelos motivos já discutidos anteriormente.

Um conceito-em-ação não é um verdadeiro conceito científico, nem um teorema-em-ação é um verdadeiro teorema científico (VERGNAUD, 1990) a menos que se tornem explícitos, mas eles podem tornar-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos (no caso, escolares). O status do conhecimento é diferente quando ele é

implícito e não imerso na ação. O conhecimento explícito pode ser debatido, o conhecimento implícito não (VERGNAUD, 1998). Em geral, os alunos não são capazes de explicar seus teoremas e conceitos-em-ação. Na abordagem de uma situação, os conhecimentos a serem trabalhados dependem de teoremas-em-ação e da identificação de diferentes tipos de elementos pertinentes que permanecem implícitos, em sua maioria (MOREIRA, 2002). Foram identificados alguns invariantes operatórios implícitos: na turma tradicional, referente à conceituação de fermentação e na turma diferenciada referente à fotossíntese. Deve-se então, adequar as situações-problema (tanto das tarefas teóricas como das avaliações), para que promovam a explicitação destes conhecimentos, tornando-os verdadeiramente conhecimentos coerentes com os científicos.

A situação 1 proposta neste trabalho, apesar de problematizarem o conceito de fermentação, é identificada como apresentar potencial para “tensionar” o conceito de fotossíntese. Esta percepção só foi possível através do estudo dos invariantes operatórios elaborados pelos alunos. Analisando os invariantes operatórios produzidos no processo de conceituação, é percebido nitidamente como os conceitos estão interligados na formação do campo conceitual de metabolismo celular. Os alunos utilizaram muitos invariantes “cruzados” (na situação 1 relativa à fermentação, utilizaram invariantes relativos à formação de m.o. e na situação 2 sobre a fotossíntese, utilizaram invariantes relativos à fermentação). Isto reforça a ideia que a aprendizagem significativa ocorre na relação entre os conceitos (NOVAK, 1981). O ensino de conceitos isolados pode impedir a aprendizagem dos próprios conceitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, 1980.

AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BACHELARD, G. **Le matérialisme rationnel**. Paris: Presses Universitaires de France, 1972.

BONZANINI, T. K.; BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de Biologia Média. In: R. NARDI (Org.), **Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, p. 79-93, 2004.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad. (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. **Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 388-402, 2005.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses**. Ensinar é organizar provocações. Textos. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.** v. 3, n. 3, 2009.

MEDEIROS, S. C. S.; COSTA, M. F. B.; LEMOS, E. S. O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: UFRGS. (Textos de apoio ao professor de Física), 1999.

MOREIRA, M. A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área**. Porto Alegre: Faculdade de Física, UFRGS, 2004.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira. Physics Education. College Park, 1981.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura nas ciências do ensino fundamental: a Fotossíntese em textos originais de cientistas. **Proposições**, n. 50. Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas, 2001.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. **Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique**. França: La Londe les Maures, 1983.

VERGNAUD, G. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e a didática das matemáticas. Um exemplo: as estruturas aditivas. **Análise Psicológica**, v. 1, p. 75-90, 1986.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133 – 170, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**. Albany, N.Y.: State University of New York Press. p. 41-59, 1994.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n.2, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, G. A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org.) **Por que ainda há quem não aprende?** A teoria. Ed. Vozes, RJ: Petrópolis, 2003.

VERGNAUD, G. Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. In: GROSSI, E. P. **Ensinando que todos aprendem:** fórum social pela aprendizagem (p. 85-100), Porto Alegre: GEEMPA, 2005.

TAUCEDA, K. C., NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. O livro didático e as representações mentais de bioquímica e biofísica em alunos do ensino médio. **Revista Experiências de Ensino de Ciências**, v. 6, n.1, p. 57-68, 2011.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, v. 4, 1994.

Resumo aceito para ser apresentado no XI Fórum FAPA: Conhecimento Fazendo a Diferença – Porto Alegre, RS: Faculdade Porto-Alegrense, 24 de novembro e 1º de dezembro de 2012.

5 2 PROJETO “REESTRUTURAÇÃO DO LABORATÓRIO DE BIOLOGIA” NO COLÉGIO ESTADUAL JÚLIO DE CASTILHOS: POSSIBILIDADES DE APRENDIZAGEM ATRAVÉS DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Karen Cavalcanti Tauceda⁸

Vladimir Magdaleno Nunes⁹

José Cláudio Del Pino¹⁰

RESUMO

O trabalho “Reestruturação do Laboratório de Biologia: Possibilidades de Aprendizagem através da Teoria dos Campos Conceituais” iniciou em agosto de 2010, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, e está em andamento. Objetiva-se a retomada deste espaço de atividades teóricas / práticas em biologia (por alunos e professores que não o utilizavam a pelo menos seis anos), para a um ensino investigativo, em que o laboratório da escola possa ser um ambiente de questionamentos (DEMO, 1999), dúvidas com propostas para resolvê-las (formulação de hipóteses, em Grossi, 2006), porque a aula prática baseia-se no debate e no diálogo entre alunos e professor (FREIRE, 2004). Intermeando este ensino diversificado, discute-se uma abordagem da aprendizagem através da Teoria dos Campos Conceituais

⁸ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁹ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br.

¹⁰ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

(TCC) (VERGNAUD, 1990, 1996), visto que esta abordagem também considera a aprendizagem como um processo investigativo, de construção de ideias no debate coletivo em situações problematizadoras. Estudos mostram também a importância das estruturas cognitivas prévias, na formulação e reformulação do conhecimento (AUSUBEL, 2000). Este aspecto, e o conhecimento da estrutura conceitual dos conteúdos de ensino através mediação do professor, é reconhecido pela TCC de Vergnaud. Esta pesquisa¹¹ consistiu na análise da aprendizagem em situações-problema práticas e teóricas, em situações de ensino de debate e discussões; a aprendizagem foi resultado da resolução dos protocolos para as aulas experimentais em uma turma do turno da manhã (25 estudantes), de 1º ano do ensino médio, embora as atividades de ensino no laboratório de biologia estivessem sendo desenvolvidas, em consequência do projeto, com cerca de 100 estudantes (cinco turmas). Os resultados indicam que as concepções prévias relacionadas às situações-problema propostas nas atividades experimentais, são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem significativa de conceitos biológicos. Nesta abordagem, os protocolos de laboratório são elaborados na forma de “situações-problema”. Estas situações promovem relações entre o cotidiano do aluno, suas concepções prévias e os conceitos científicos que se quer ensinar (VERGNAUD, 2003), utilizando as atividades experimentais como metodologia promotora do conhecimento. Os protocolos tradicionais que enfatizam a simples descrição da experiência e elaboração de uma conclusão (que deverá ser o conceito do livro didático ou da matéria de ensino), não possibilitam uma releitura dos fenômenos (não valorizando os conhecimentos prévios), como foi descrito por Taucedo et al., (2011). Observa-se uma reduzida compreensão dos conceitos escolares na aprendizagem através de protocolos ditos “tradicionais”, em comparação aos resultados encontrados nos protocolos do tipo “situações-problema”. Conclui-se que professor deverá desenvolver estratégias para as aulas em laboratório que valorizem o cotidiano e sua relação com os novos conhecimentos, para que o resultado seja a compreensão dos conceitos de ensino e o incentivo à novas dúvidas e formulações de hipóteses.

Palavras-chave: Teoria dos campos conceituais. Aprendizagem significativa. Ensino de biologia. Aulas no laboratório.

¹¹ O resumo apresenta algumas reformulações para torná-lo mais explicativo, principalmente na metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

DEMO, P. **Pesquisa: Princípio Científico e Educativo.** São Paulo: Cortez, 1999.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 2004.

TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. A epistemologia/metodologia do aluno pesquisador na Educação em Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)**, v. 6, n. 3, p. 133-141, 2011.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques.** v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Education: the best part of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n. 2/3, p. 112-118, 1996.

VERGNAUD, G. A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org.) **Por que ainda há quem não aprende? A teoria.** Ed. Vozes, RJ: Petrópolis, 2003.

5 3 O LABORATÓRIO DE BIOLOGIA NA ESCOLA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

O Projeto “Reestruturação do Laboratório de Biologia, ênfase 1º e 3º anos do Ensino Médio” iniciou em agosto de 2010, em decorrência da necessidade de resgatar a utilização deste espaço para aulas experimentais no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, por alunos e professores de biologia dos 1º e 3º anos. As atividades do projeto consistem em organizar o espaço do laboratório para possibilitar o desenvolvimento do maior número possível de aulas experimentais, cujas atividades estavam interrompidas há alguns anos. Porém, algumas turmas dos 2º anos já haviam retomado as aulas de laboratório desde 2009 sob a orientação da professora responsável pela organização do Museu de Biologia. Estas turmas desenvolvem aulas práticas relacionadas principalmente à diversidade dos seres vivos em um espaço anexo ao “Laboratório de Biologia – 1º e 3º anos”, que é denominado “Laboratório de Biologia – 2º anos”.

O fato de possuir experiência em ensino no laboratório, tanto em ministrar atividades experimentais como em desenvolver protocolos para aulas práticas, foi importante para decidir que o projeto seria fundamental para o ensino-aprendizagem, tanto dos professores de biologia como para os alunos da escola.

A observação do comportamento dos alunos em sala de aula também foi motivo para reflexão, impulsionando o projeto. Os estudantes apresentavam uma atitude de passividade e sem iniciativa frente às atividades teóricas que eram propostas. Estavam somente interessados em copiar a matéria do quadro negro e saber quando

¹² Licenciatura em Ciências Biológicas e Bacharel em Zoologia – UFRGS. Mestre em Biologia Animal – UFRGS. Mestre em Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência/PIBID, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauced@terra.com.br.

seria a prova. Transmitiam a impressão de que a compreensão dos conteúdos estava diretamente relacionada à transcrição da matéria no quadro, e esta, para o caderno. As discussões, que efetuávamos nas aulas teóricas, muitas vezes pareciam desimportantes para a aprendizagem. Nas primeiras aulas ministradas no laboratório, estes estudantes demonstravam estar “perdidos”, sem direção, pois a execução da aula e resultados da aprendizagem dependiam muito mais deles; de seus conhecimentos, do debate junto aos seus pares, de suas observações, dos problemas propostos pelo professor e de sua resolução. Não era incomum, os alunos demonstrarem muita insegurança ao desenvolverem atividades, tanto na sala de aula como no laboratório. A pergunta “Está certo, professora?”, era constante. Todas estas questões foram levadas em consideração para decidir a relevância do projeto.

Nas últimas décadas tem-se discutido qual é a melhor metodologia para ensinar, como fazer com que os alunos aprendam, de que maneira tornar a aula interessante e significativa. Ao compreendermos que o conhecimento se desenvolve através da interação reflexiva com o meio (VYGOTSKY et al., 1994; PIAGET, 1975), percebemos o quão importante são as aulas práticas para uma aprendizagem eficaz, principalmente na área da educação em ciências. O conhecimento se desenvolve através da interação reflexiva da teoria com a prática. Em Tauceda et. al. (2011), esta afirmativa está exemplificada em atividades práticas relacionadas ao estudo da dinâmica da membrana celular. Com questões propostas aos alunos, tais como: “Os seres vivos interagem com o meio ambiente? Explique e dê exemplos.” ou “A célula (representada no experimento então relatado por uma célula da batata), interage com o meio ambiente? Se afirmativo, quais as observações que o levaram a esta conclusão? Quais as consequências desta interação?”, encaminha-se o estabelecimento de uma relação da teoria com a prática, pois são questões extraídas do cotidiano do estudante, das atividades no laboratório e dos conceitos que se quer ensinar (transporte de substâncias através da membrana celular). Unindo problemas experimentais (cotidianos e de laboratório) com teóricos, o aluno interage seus conhecimentos prévios com os científicos, construindo uma “ponte” cognitiva. Segundo Demo (2007), o professor deve promover atividades participativas e que suscitem questionamentos, pois estas são “facilitadoras” da aprendizagem, direcionando o “educar pela pesquisa”. Então esta metodologia, cuja natureza é epistemológica, não seria a melhor maneira de ensinar? Em uma aula com muitos problemas a serem resolvidos e muitas hipóteses a serem

examinadas, não seria uma aula mais criativa e instigante? Vergnaud (1996) salienta que ao resolver problemas o aluno conceitua, isto é, ele se desenvolve cognitivamente.

Outra questão importante é a mudança do foco do ensino. No ensino tradicional, a metodologia é centrada no professor e em sua narrativa (MOREIRA, 2011). No laboratório não há espaço para uma aula deste tipo. Na perspectiva de aulas práticas, os alunos resolvem problemas, desenvolvem hipóteses e experimentam suas ideias prévias. O ensino é centrado no aluno e suas construções cognitivas. É uma aprendizagem colaborativa, pois ocorre o debate para a solução dos problemas propostos, proporcionando ao estudante um maior contato com a sua maneira de aprender, passando a “aprender a aprender”. As situações-problema são uma característica fundamental das aulas experimentais, pois o professor orienta, propõe problemas a resolver, mas não é o detentor das soluções e respostas prontas, pois nesta aula poderá haver diferentes respostas e diferentes interpretações. Na perspectiva da pedagogia centrada na narrativa do professor, Krasilchik (2004) observa que o ensino de biologia baseia-se, na maioria dos casos, às aulas expositivas com mínima participação dos alunos.

Os próprios PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) enfatizam a importância de promover um sistema pedagógico que requer a participação dos alunos nos laboratórios. Esta metodologia é considerada como fundamental para colocar em prática aquilo que é aprendido em sala de aula, integrando assim as propostas que incidem dentro dos parâmetros curriculares.

No início do projeto, concomitante à organização, alguma restauração, inventário de materiais e equipamentos (principalmente de microscopia), envio de solicitação à direção dos itens mais prementes para manutenção e que estavam faltando, realizaram-se aulas práticas no laboratório para algumas turmas de 1º ano (total de cinco turmas, aproximadamente 100 alunos). Quinzenalmente eles utilizaram o laboratório, onde organizavam-se em duplas. As duplas recebiam um relatório, no qual eram propostas questões-problema que mobilizavam conhecimentos teóricos e prévios relacionados à atividade prática. Nesta interação, propunha-se promover a aprendizagem significativa dos conceitos, isto é, conhecimentos que demonstrassem a compreensão do aluno sobre o tema estudado.

O projeto foi divulgado à comunidade escolar, em junho de 2011, através do informativo eletrônico “Julinho em Notícia¹³” e, em reunião com os professores da área de biologia, procurou-se relatar as atividades e abrir espaço para sugestões e participação destes.

Percebia-se que para os professores de biologia, principalmente aqueles que já estavam na escola há muitos anos, a questão relativa à utilização do laboratório, era uma ferramenta política de pressão contra o governo, pois no passado, o laboratório na escola era efetivo. Quando foi apresentado o projeto, estes professores, que vivenciaram o período em que as atividades em laboratório faziam parte do currículo do ensino médio, criticaram-no. Para eles, esta iniciativa desmobilizava as reivindicações de retomada de investimentos e principalmente, de reversão à decisão de reduzir o número de professores de biologia (e das outras áreas das ciências) que outrora, promoviam a realização destas aulas. Nos anos anteriores, existia maior investimento na educação pública no estado, e isto se refletia nas condições para o professor exercer suas funções. Por exemplo, para que o docente tenha condições de ministrar aulas no laboratório, é necessário maior planejamento, organização prévia do experimento, elaboração de metodologia diferenciada em relação à interação “com” e “entre” os alunos (que é diferente, se comparada à dinâmica em sala de aula). Estas condições são alcançadas quando existem professores responsáveis por organizar estas aulas em conjunto com os demais, e de administrá-las em parceria. Desta forma, estas premissas eram resolvidas, ou pelo menos, grande parte delas, através da participação de dois professores em sala de aula, que trabalhavam em conjunto para a efetivação da aula prática. O investimento financeiro para manutenção, aquisição de materiais e equipamentos, que outrora estava presente na realidade do ensino público estadual, não justificava agora a retomada da utilização do laboratório. Em decorrência desta vivência anterior por parte de alguns professores de biologia, o projeto sofreu alguma resistência, e esta ainda ocorre.

Do lado oposto dos que detêm a experiência em ministrar aulas no laboratório, existem os professores que não possuem nenhuma experiência. Estes se sentem amedrontados com aquilo que não conhecem. Apresentam um discurso mais cooperativo em relação ao projeto, mas na prática, esbarram em dúvidas de como fazer, principalmente no que diz respeito à temida “perda de controle sobre a turma”, visto que

¹³ Informativo eletrônico mensal elaborado e expedido pela Fundação de Apoio ao Colégio Estadual Júlio de Castilhos.

no laboratório, os alunos se posicionam como sujeitos ativos da construção do conhecimento e o professor como um maestro, a coordenar vários músicos. O foco não está no maestro, mas na música que a orquestra produz. De maneira similar, a metodologia do laboratório não está centrada no professor, mas nos conhecimentos que os alunos produzem. Este deslocamento do processo ensino-aprendizagem causa temor naqueles que não tiveram a oportunidade de conhecer metodologias mais eficazes para o ensino das ciências.

Outro fator que dificulta a execução das aulas experimentais pelos professores é o excesso de carga horária que os docentes têm que cumprir para alcançar um salário razoável. Esta questão também é uma decorrência do pouco investimento na educação no nosso estado. A impossibilidade de formar parcerias para planejar, organizar e ministrar atividades de laboratório (pois ocorreu redução e relocação de professores nas escolas de ensino médio, desarticulando as aulas práticas), dificulta a realização de aulas experimentais, que por suas características metodológicas já citadas anteriormente, desestimula o professor que se vê sozinho para executar uma tarefa que é desgastante. Um professor com muitas turmas não se motiva para a realização de aulas práticas.

No final do ano letivo de 2011, foram propostas algumas questões para os alunos responderem individualmente, mas em uma situação de discussão coletiva:

1. Se as aulas experimentais contribuíam para a interação dos conhecimentos teóricos com os práticos.
2. Comparando as aulas de biologia na sala de aula com as aulas no laboratório, em qual local a aprendizagem foi melhor? Por quê?
3. Aspecto negativo da utilização do laboratório.
4. Comparação da metodologia do professor na sala de aula e no laboratório.
5. Vivências anteriores em aulas experimentais ou em laboratório.

Em relação à pergunta 1, seguem abaixo algumas respostas:

“Foram aulas fáceis, mas que necessitavam bastante atenção por parte dos alunos.” Consegui compreender bem a

relação da teoria com a prática” “Nós conseguimos ver a parte teórica e aplicá-la na prática” “Foi excelente, sem dúvidas, é bem mais fácil aprender o conteúdo teórico depois de ter aulas práticas.” “A aula prática é mais fácil de entender porque vemos literalmente o que acontece.” “A relação da teoria com a prática ajuda muito para que seja formada uma ideia.” “... as experiências aumentam a curiosidade.” “Nas aulas práticas podemos corrigir os nossos erros.”

Krasilchik (2004) afirma que dependendo do que for ensinado e de como isso é feito, a biologia pode ser uma disciplina relevante e merecedora da atenção por parte dos alunos ou uma disciplina insignificante e pouco atraente. A afirmação do autor é confirmada pelos relatos dos estudantes.

Não é incomum ouvir de professores a afirmativa de que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas de pauta (GIORDAN, 1999). As explicitações transcritas confirmam este autor, não só por que os alunos se percebem compreendendo melhor os conteúdos ministrados, como os relatórios das aulas práticas evidenciaram uma melhor compreensão, ao identificar interações cognitivas entre as observações das aulas experimentais, aspectos do cotidiano e conceitos científicos que se queria ensinar. Por exemplo, na aula experimental referente à problematização do “método científico”, os alunos relacionaram as suas vivências referentes à combustão de materiais com a aula experimental que propunha a “queima” de algodão. Na observação da experiência, os estudantes utilizaram seus conhecimentos prévios relacionados a este fato cotidiano da combustão de materiais, para analisar os resultados. As conclusões foram o somatório da experiência prévia, da interpretação dos resultados (que vai depender da experiência prévia) e da problematização do conceito de método científico que foi promovido concomitante à interpretação dos resultados a partir dos conhecimentos prévios.

Com relação à pergunta dois, os alunos perceberam a melhor aprendizagem no ambiente do laboratório:

“Eu consegui aprender a matéria, no laboratório, a turma aprendeu mais do que na sala de aula pois nós conseguimos ver na prática” “No laboratório as aulas não são enjoativas” “Tem mais diálogo sobre o assunto e não só a matéria escrita” “Na aula do laboratório não fica uma aula chata, por que é diferente” “...nos envolvemos mais.” “No laboratório, porque na prática se aprende mais e mais rápido.” “A vivência com a matéria é bem melhor.” “Há muitos exemplos na parede para vermos.” (Este aluno se refere aos cartazes espalhados pelo laboratório, a maioria deles sem uso há mais de 15 anos.) “As aulas ficaram menos maçantes, mais facilmente explicadas e divertidas.”; “No laboratório prestamos mais atenção. ”

Os relatos antes transcritos, confirmam conclusões de autores que estudam a relação do ensino no laboratório e a aprendizagem. Bizzo (2008) afirma que o experimento no laboratório apresenta um componente atitudinal, pois direciona o estudante a exercitar sua predisposição de colocar suas ideias à prova. Veras et al. (2010), analisando a aprendizagem no laboratório de química, afirma que para alunos e professores, as aulas no laboratório são importantes, pois possibilitam aos estudantes testar o que foi estudado na teoria. Segundo Possobon et al. (2003), as atividades em laboratório podem funcionar como um contraponto às aulas teóricas, “catalisando” o processo de aquisição de novos conhecimentos. A vivência de certa experiência facilita a aprendizagem (Fig, 8 e 9).



Figuras 8 e 9 – Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia durante as aulas com microscópios.

Na pergunta três, com relação aos aspectos negativos ao uso dos laboratórios, um comentário registra:

“A euforia de certos alunos ao entrar no laboratório fez com que os mesmos não se comportassem adequadamente, não gostei destas distrações.”

Esta situação é compreensível, visto que, no ano letivo em questão, muitas aulas ocorreram na sala de aula, e quando íamos ao laboratório, muitos alunos ficavam agitados, pois não estavam acostumados com esta nova dinâmica, e o professor, por sua vez, não conseguia estabelecer regras de convívio para o ambiente de laboratório.

Com relação ao ensino do professor, comparando sua metodologia em aulas de quadro e giz e no laboratório (pergunta 4):

“Para a professora deve ter sido melhor também por que ela explicou melhor, e eu entendi mais.”

Com relação às vivências anteriores em aulas em laboratório ou em aulas experimentais (pergunta 5), cerca de 90% dos alunos pesquisados em 2011

(aproximadamente 100 estudantes), cuja origem era majoritariamente da 8ª série do ensino fundamental, afirmou que nunca havia participado de aulas em laboratório ou experimentais. Dos alunos que relataram ter frequentado aulas experimentais (10% aproximadamente), a maioria estava repetindo o 1º ano e havia participado de poucas aulas experimentais na escola, na disciplina de química.

Um aluno fez o seguinte relato em resposta à pergunta 5:

“Aprendi muita coisa e vi experiências que parecia mágica.

Alguns alunos justificaram a sua não participação em aulas experimentais, em outra escola:

“Não tive aula no laboratório porque não tinha sala adequada para isso”.

Não resta dúvida que aulas experimentais, seja na sala de aula ou em um laboratório, promovem uma aprendizagem melhor, proporcionando a interação da teoria com a prática, estimulando a criatividade, a curiosidade, provocando no aluno a expectativa de “fazer alguma coisa diferente”. Tornam o estudante mais ativo, pois ocorre um deslocamento no foco da aprendizagem: do professor para o aluno. Os relatos que foram apresentados confirmam estas afirmações, assim como diversos autores que pesquisam a educação em ciências. É claro que a simples ida ao laboratório não resolverá os problemas que observamos no processo ensino-aprendizagem. O professor deverá transformar a metodologia passiva da sala de aula centrada no professor, para a metodologia ativa das aulas experimentais, realizadas no laboratório, centrada no aluno e mediada pelo professor. Caso contrário, o professor desperdiçará uma ótima oportunidade de desenvolver uma aprendizagem significativa e investigativa, ao não considerar os conhecimentos prévios e ao não promover debates para discutir problemas e hipóteses a serem testadas (Fig. 10 e 11).



Figuras 10 e 11 – Vista parcial de modelos, pôsteres didáticos e do laboratório de biologia da escola.

Ele desperdiça, principalmente, quando oferece conceitos prontos que os alunos devem responder nos relatórios para que sejam aprovados no final do ano; quando não considera os conhecimentos prévios e os que resultam das reflexões das aulas práticas. O professor pode ser tradicional (em termos epistemológicos) no laboratório. Não basta então “fazer alguma coisa diferente” para que o aluno aprenda, embora esta “alguma coisa diferente”, possa ser um mecanismo desencadeador de uma pedagogia diferenciada, tanto para os alunos como para os professores.

Em março de 2011, iniciou-se uma parceria que tem contribuído para a ampliação e melhoramento das atividades no laboratório. Os alunos de graduação, do curso de Ciências da Natureza – Ensino de Biologia e Química, do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), desenvolvem suas experiências docentes na escola, através do PIBID¹⁴ (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência). Isto tem possibilitado que outras turmas executem atividades no laboratório, como as turmas do turno da tarde e noite, visto que o projeto do PIBID enfatiza a revitalização dos espaços experimentais nas escolas. Em julho de 2012, a autora deste artigo ingressou no PIBID.

¹⁴ Os bolsistas do PIBID/IFRS-campus centro, desenvolvem atividades de apoio às atividades dos professores de Química e Biologia participantes do programa. Atuam no inventário de equipamentos e materiais do laboratório e na elaboração de protocolos, kits experimentais e jogos didáticos. Participam das atividades teórico-práticas, de aulas de reforço, da produção bibliográfica para livros, periódicos, anais de encontros, seminários e congressos na área de Educação em Ciências, além de elaborarem materiais para a divulgação na escola.

Neste ano de 2012, continuamos com as aulas práticas no espaço do laboratório para seis turmas do 1º ano na disciplina de biologia. Este projeto está em andamento e não tem prazo para terminar, pois é um direito de todo aluno da escola pública participar de aulas em laboratório, seja nas disciplinas da área das Ciências da Natureza (Biologia, Química e Física) seja de outras áreas. É um dever das instituições responsáveis pela Educação (governamentais ou privadas) promover condições adequadas para que estas ocorram com qualidade, em termos de matérias, equipamentos e pessoal disposto para desenvolvê-las. Este é o desafio que temos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZO, N. Educação - Nota baixa em ciências. **Boletim Ciência Hoje (online)**, n. 134, 2008.

BRASIL, MEC-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM**, 2000.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. SP: Ed. Autores Associados, 2007.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova Escola**, nº 10, p. 43-44, 1999.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011.

PIAGET, J. **A Construção do Real na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar. 1975.

POSSOBOM, C.C.F.; OKADA, F.K.; DINIZ, R.E.S. 2003. As atividades práticas de laboratório no ensino de Biologia e Ciências: relato de uma experiência. In: **Universidade Estadual Paulista – Pró-Reitoria de Graduação**. (Org.). Núcleos de Ensino. São Paulo: Editora da UNESP, v. 1, p. 113-123.

TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. A epistemologia/metodologia do aluno pesquisador na Educação em Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)**, v. 6, n. 3, p. 133-141, 2011.

VERAS, E. Y. F.; SILVEIRA, F. A.; SOUSA, A. A.; PAIVA, P. E. C. A importância do laboratório de química no processo de ensino e aprendizagem. In: 8º Simpósio Brasileiro de Educação em Química, Rio grande do Norte - UFRN. **Ata do 8º Simpósio de Brasileiro de Educação em Química**, nº 75, 2010. <http://www.abq.org.br/simpequi/2010/trabalhos.html>. Acessado em 03/05/2012.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19. 1996.

YVIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone/ Edusp, 1994.

5 4 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD E AS INTERAÇÕES NA SALA DE AULA

Karen Cavalcanti Tauceda¹⁵

José Cláudio Del Pino¹⁶

RESUMO

As reflexões apresentadas neste trabalho discutem as interações que se estabelecem em uma sala de aula de ensino médio, entre conhecimentos, alunos e professor, do Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, RS, na aprendizagem da linguagem científica da área de biologia, à luz dos pressupostos teóricos dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. Este autor (1996) enfatiza que o eixo principal de sua teoria é o conceito tanto o científico, cuja escola tem o papel de “transmiti-lo” em uma linguagem compreensível, como os do senso comum e prévios, elaborados muitas vezes em situações informais de aprendizagem. O conceito para Vergnaud, não é uma construção puramente formal, mas epistemológica, fornecendo outra perspectiva para a compreensão de como ocorre à aprendizagem dos conceitos científicos. Nesta epistemologia, o conceito é dinâmico (não existe conceito isolado, como é ensinado nas escolas) e complexo (está conectado por uma trama de conceitos); é o que Vergnaud define como campos conceituais. O conceito também é definido a partir dos outros elementos fundamentais: o professor, que desenvolverá as situações problemáticas de acordo com os conhecimentos prévios dos alunos (AUSUBEL, 1982, 2003), os novos conceitos que se quer ensinar, e o aluno, que irá interagir com estas situações

¹⁵ Mestre em Biologia Animal – UFRGS. Mestre em Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktaucedaterra.com.br.

¹⁶ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

desencadeadas pela interação destes elementos. A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) propõe que a relação entre professores, alunos e conhecimentos ocorre em um ambiente de ensino dialógico, pois enfatiza a explicitação dos conceitos (prévios e novos) através da resolução de situações-problema para tornar a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2002) e mais próxima da linguagem científica.

Palavras-chave: campo conceitual, interações na sala de aula, explicitação de conceitos, linguagem científica.

INTRODUÇÃO

Vergnaud (1982) afirma que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo do tempo, através da experiência, maturidade e aprendizagem. Segundo este autor, o campo conceitual é um conjunto de situações, cuja apropriação exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas (VERGNAUD, 1990, 1993) entrelaçados durante o processo de aquisição (MOREIRA, 2002). Um campo conceitual é, sobretudo, um campo de situações problema, e serão estas situações que darão sentido aos conceitos. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolver estas situações ele conceitua (KREY e MOREIRA, 2011). Para Vergnaud (1996), a conceituação é o núcleo de todo o processo de desenvolvimento cognitivo. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que darão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos. Um esquema é um plano de ação, uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente.

Segundo Moreira (2002), o conhecimento é principalmente implícito e o estudante tem dificuldades em explicá-lo, mas isso não significa que tal conhecimento não possa ser explicitado. Através do processo de explicitação do conhecimento implícito que os teoremas e conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e

conceitos científicos, isto pode levar muito tempo. O conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado e o professor deverá mediar à explicitação dos conhecimentos implícitos. A explicitação dos conhecimentos através do diálogo na sala de aula é a contribuição mais relevante da TCC para o desenvolvimento da linguagem científica, pois enfatiza a importância de metodologias de aprendizagem e estratégias de ensino que contribuam para promover a explicitação dos conhecimentos durante o processo de conceituação do real. O professor tem um papel fundamental neste processo Segundo Vergnaud (1990) trata-se de uma teoria psicológica do processo de conceituação, que permite estudar continuidades e rupturas do conhecimento do ponto de vista conceitual.

OBJETIVO

Este artigo¹⁷ tem como objetivo analisar as possibilidades didáticas da TCC no estudo e aprimoramento das interações que se estabelecem na sala de aula (aluno-professor-conhecimentos) na aprendizagem da linguagem científica em biologia através da:

1. Identificação de situações-problema potencialmente significativas que promovam a aprendizagem dos conceitos biológicos relacionados às moléculas orgânicas (m.o.) e coacervados, constituintes do campo conceitual da célula, e possíveis invariantes operatórios.

2. Identificação de estratégias de ensino que possibilitem a interação na sala de aula.

3. Reflexões sobre a importância da mediação do professor como sujeito promotor das situações-problema e das estratégias de ensino.

¹⁷ O texto apresenta algumas modificações na metodologia para torná-lo mais explicativo.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado em 2012, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, RS. Ele apresenta alguns resultados parciais de uma pesquisa de doutorado em andamento, que está sendo realizado pela professora de biologia regente de seis turmas de 1º ano de ensino médio, onde ocorreu este estudo. Os dados foram reunidos durante os meses de maio e junho, período em que foram desenvolvidos os conhecimentos relacionados ao campo conceitual das moléculas orgânicas e da célula primitiva (coacervado), totalizando 24 aulas de 50 minutos em cada turma. A faixa etária dos alunos é de 14 a 18 anos aproximadamente.

Foi realizada a introdução dos conteúdos e a avaliação da aprendizagem através da discussão de situações problemáticas entre os estudantes e o professor que, segundo Grings et. al. (2008), permite diagnosticar conhecimentos prévios dos estudantes que serão explicitados no momento da discussão e da produção de textos, possibilitando a compreensão das filiações e rupturas entre os conhecimentos. As situações-problema 1, 2 e 3 são avaliativas e os resultados se encontram em textos que foram produzidos individualmente.

| |
|--|
| Situação-problema 1: relaciona-se aos conhecimentos prévios sobre as condições ambientais da Terra primitiva potencialmente formadoras das moléculas orgânicas. |
|--|

| |
|---|
| Situação-problema 2: enfatiza a conceituação dos processos químicos e físicos responsáveis pela formação das moléculas orgânicas (m.o.). |
|---|

| |
|---|
| Situação-problema 3: foi introduzida após o desenvolvimento de uma atividade prática de construção com “massinha de modelar”, de modelos dos gases da atmosfera primitiva (CO; CO ₂ ; CH ₄ ; N ₂) e de algumas moléculas orgânicas (aminoácido e proteína, a partir de sua síntese por hidrólise). Propõe-se identificar a aprendizagem operatória e predicativa (explicativa) deste campo conceitual (apêndice 10 1 5, p. 334). |
|---|

RESULTADOS

Foram selecionados alguns invariantes operatórios de uma turma, referentes à resolução de situações problema do campo conceitual da célula (moléculas orgânicas – m.o., e coacervados - pré-célula). O 1º critério de seleção das respostas foi a representatividade dos invariantes no total das respostas; e o 2º critério foi a diversidade do invariante, no total das respostas.

Situação-problema 1: A água acumulada da chuva formando reservatórios de água (rios, lagos, oceanos), poderia contribuir para a formação de moléculas orgânicas complexas que irão constituir os seres vivos?

Possíveis invariantes operatórios esperados na resolução da situação-problema:

1. As condições ambientais são responsáveis pelos eventos que formarão e influenciarão os seres vivos.
2. Os reservatórios de água na Terra primitiva constituíram um ambiente mais estável para a origem e evolução das moléculas complexas que formarão a vida.

Transcrições das respostas dos alunos:

“Sim. Através das moléculas simples e compostas surgiu o ser vivo simples.” “Sim, porque eles precisam de um recipiente, mas nos lagos e rios eles se proliferam mais rápido, pois o espaço é maior também porque lá há outros tipos de moléculas.” “Não, porque quando cai a água nas moléculas elas perdem o elemento H₂O. Eles não irão formar os seres vivos porque para formar a vida, a hipótese de Oparin comprovou que a combinação e reorganização molecular dos gases e isso forma uma molécula dos seres

vivos, então a água não participa do processo.” “Sim, porque a água acumulada se misturou com a terra suja e poderia ocorrer uma evolução das moléculas tornando-a complexa.” “Sim porque a água é composta de várias coisas.” “Sim, seria como se fosse uma banheira ou caldeirão que teria muitas moléculas (depois células, depois tecidos, depois órgãos, depois sistemas e depois seres vivos) que elas iriam evoluir até formarem seres vivos. Na água as moléculas poderiam ligar-se com mais facilidade.”

Possíveis Invariantes operatório identificados nas respostas dos alunos:

| |
|--|
| - O ser vivo surgiu através das moléculas simples e compostas. |
| - As m.o. precisam de um recipiente. |
| - As m.o. proliferam-se nos rios, lagos, pois o espaço é maior e há outros tipos de moléculas. |
| - As m.o. perdem H ₂ O quando cai água nelas. |
| - A combinação e reorganização molecular dos gases formam moléculas dos seres vivos. |
| - A água não participa do processo de formação dos seres vivos. |
| - A água acumulada se misturou com a terra ocorrendo à evolução das moléculas tornando-as complexas. |
| - A água é composta de várias coisas. |
| - Os reservatórios de água teriam muitas moléculas, células, tecidos, órgãos, sistemas, seres vivos. |
| - As moléculas dos reservatórios de água evoluiriam até formar seres vivos. / - A água facilita a ligação molecular. |

Situação-problema 2: Explicar de que maneira as condições ambientais da Terra primitiva (chuvas, raios, temperatura no solo, diferentes concentrações de partículas na água), levaram à formação dos aminoácidos, proteínas e coacervados (futuras células). Indicar os fenômenos físicos e químicos que levaram à formação das futuras células.

Possíveis invariantes operatórios esperados na resolução da situação-problema:

- As condições ambientais influenciaram os fenômenos químicos (atração entre moléculas) e físicos (descargas elétricas na atmosfera primitiva, temperatura do solo primitivo, difusão de moléculas na água), que resultaram na formação da pré-célula (coacervado).

- Os aminoácidos formaram-se através das condições específicas de gases e eletricidade na atmosfera primitiva (CO, CO₂, N₂, CH₄).

- As moléculas de aminoácidos formadas na atmosfera primitiva, precipitaram-se no solo quente levadas pelas chuvas, onde uniram-se através de perda de uma molécula de água (síntese por desidratação), formando as proteínas.

- As moléculas de proteínas tornam-se ionizadas na água (perda de elétron), atraindo moléculas de água ao seu redor.

- Proteínas ionizadas com uma camada de moléculas de água ao redor, correspondem à estrutura de uma pré-célula (coacervado).

- A movimentação de moléculas orgânicas (aminoácidos, proteínas, coacervados) nos lagos e mares primitivos (do local de maior concentração para o de menor concentração, isto é, a difusão) provocou a colisão entre as m.o. e os coacervados, tornando os coacervados maiores e mais complexos, isto é, a sua evolução.

Transcrições das respostas dos alunos:

“Graças às chuvas e a erosão da Terra primitiva, as proteínas eram dissolvidas na água empossada, e por sua vez perdiam elétrons e se tornavam ionizadas, atraindo átomos de água

ao seu redor formando assim os coacervados.” “A ionização que é a atração entre os átomos das moléculas de água e proteína, também ocorre o fenômeno da difusão das partículas e elas colidem com os coacervados.” “As condições da Terra primitiva ajudam na criação de aminoácidos, proteínas e coacervados, pois a água da chuva faz com que as proteínas percam elétrons tornando-se ionizadas com carga elétrica, assim atraindo mais água ao seu redor e formando os coacervados com os fenômenos químicos e físicos que levaram a formação das futuras células. Foi o fenômeno físico da difusão das partículas (m.o.) nos rios, lagos, etc. e a ionização é um fenômeno químico de atração das moléculas de água e das proteínas.” “As células se formaram através das proteínas que perderem elétrons, por estarem dissolvidas em água e tornam-se ionizadas causando atração de água a sua volta. A partir daí ocorre a difusão das partículas das m.o. em rios, mares, etc. E as m.o. colidem com os coacervados formando coacervados maiores.”

Possíveis invariantes operatórios identificados nas respostas dos alunos:

| |
|--|
| - As proteínas eram dissolvidas na água pelas chuvas e erosão. |
| - As proteínas na água perdiam elétrons e se tornavam ionizadas atraindo moléculas de água ao seu redor formando os coacervados. |
| - A difusão provocou a colisão das partículas com o coacervado. |
| - As condições da Terra primitiva contribuía para a evolução de aminoácidos, proteínas e coacervados. |
| - Os fenômenos físicos e químicos promoveram a formação das futuras células. |
| - As células se formaram por proteínas que perderam elétrons tornando-se ionizadas (por estarem na água) e conseqüentemente atraíram moléculas de água ao seu redor. |

- A difusão de partículas de m.o, nos rios e mares provoca a colisão com os coacervados tornando-os maiores.

Situação-problema 3: Qual é o fato que indica que as moléculas orgânicas (m.o.) formaram-se a partir das moléculas dos gases da atmosfera da Terra primitiva?

Possíveis invariantes operatórios esperados na resolução das situações- problema:

- Os átomos das moléculas orgânicas são iguais àqueles encontrados nos gases da atmosfera primitiva.

- O meio ambiente (primitivo e atual) está relacionado a todos os eventos que ocorreram e ocorrem na natureza.

Transcrições das respostas dos alunos:

“É que as moléculas se juntaram e formaram aminoácidos.”

“O fato de que as m.o. são formadas dos mesmos gases que tinha na atmosfera primitiva.” “A experiência de Miller que estudou a reorganização e combinação molecular.” “ O fato das moléculas e átomos terem se combinado e reorganizado formando moléculas orgânicas”.

Possíveis invariantes operatórios identificados nas respostas dos alunos:

- As moléculas se juntam e formam aminoácidos.

- As m.o, são formadas pelos gases da atmosfera primitiva.

- A experiência de Miller a reorganização e recombinação molecular.

- Moléculas e átomos se combinaram e reorganizaram formando m.o.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O primeiro ato de mediação do professor é a escolha de situações para seus alunos (VERGNAUD, 2004). Para Grings et. al. (2008), esta escolha consiste em propor situações que vão desestabilizá-lo cognitivamente, e com a ajuda do professor e dos colegas, as situações promoverão um avanço no desenvolvimento dos esquemas (invariantes operatórios que resolverão diferentes situações problemáticas).

Os conceitos utilizados nas situações-problema deste trabalho seguiram alguns critérios: teriam que ser do domínio conceitual dos alunos, isto é, as situações deveriam ser percebidas como um problema, pois devem possuir algo que lhes faça sentido. Isto significa que o nível de abstração destas situações deve corresponder aos conceitos compreendidos por eles. Ao mesmo tempo, quanto mais próximos do cotidiano, menos abstratos são estes conceitos e mais distantes do conhecimento científico. As situações-problema então não devem simplesmente promover a explicitação do senso comum que existe nas concepções prévias dos alunos, ela deve tensionar a evolução conceitual deste senso comum, ressignificando-o pela aprendizagem dos conceitos de ciências.

Na situação-problema 1 há indícios da compreensão da relação dos fatores ambientais na formação e evolução das m.o., como por exemplo, na explicação sobre o ambiente aquático “...pois o espaço é maior também porque lá há outros tipos de moléculas”. Através das respostas da situação-problema 2, percebeu-se a necessidade de propor situações específicas para cada fenômeno estudado. As respostas dos alunos não continham todos os invariantes que indicassem a compreensão da totalidade do problema, por este ser amplo e complexo (formação de m.o. a partir dos gases atmosféricos; proteínas e coacervados a partir de fenômenos físicos e químicos). Os resultados indicam que a situação-problema 3 não promoveu a adequada conceituação de molécula orgânica. Os alunos não conseguiram compreender a reorganização da matéria em nível atômico, somente molecular. A situação-problema não mobilizou conhecimentos relativos à reorganização atômica das substâncias, apesar destas serem mencionadas: “O fato das moléculas e átomos terem se combinado e reorganizado formando moléculas orgânicas”. Vergnaud (2004) afirma que a avaliação é necessária para orientar a ação do professor junto aos alunos. Neste contexto, a resolução de

problemas com a explicitação de conhecimentos mediada pelo professor é uma avaliação.

O problema referente a escolhas de estratégias de ensino também é considerado na TCC. O autor alerta sobre a forma operatória do conhecimento (o fazer) e a forma predicativa (o explicar, o dizer) reforçando a importância de propor situações que permitam avaliar as competências do fazer e do dizer. No caso da situação problema 3 ficou evidente que apesar dos estudantes terem construído modelos moleculares dos gases, na atividade prática, e, a partir destes modelos, as moléculas orgânicas, os alunos desenvolveram a forma operatória do conhecimento e não a forma predicativa. Neste sentido, a interação dos conhecimentos do professor com o do aluno é essencial para que sejam aprimoradas as situações problemáticas.

Para Vergnaud (2004) a escolha de situações, o auxílio oferecido ao aluno quando ele desenvolve situações, e a avaliação que objetiva o professor acompanhar o desenvolvimento das competências e promover as modificações necessárias às situações-problema, são três importantes ações do professor junto aos seus alunos.

Vergnaud (1990) enfatiza a importância da explicitação dos conceitos para a efetivação da aprendizagem. Isto indica que para este autor, as relações na sala de aula são fundamentais, através da ênfase do diálogo e da reflexão. De que maneira a TCC promoverá as relações na sala de aula? Em primeiro lugar, os estudantes são estimulados a resolverem situações (para identificar os conhecimentos prévios e novos). Em segundo lugar, quanto mais estratégias o professor propuser para que o aluno exponha suas ideias, maior é a possibilidade do conhecimento implícito se tornar explícito. O conhecimento explícito pode ser discutido e modificado e o implícito não. Em terceiro lugar o professor tem um papel fundamental, tanto na identificação dos conceitos prévios dos alunos para propor situações adequadas, como para desenvolver estratégias de ensino que promovam o debate na aula.

Outra consequência importante da explicitação de conhecimentos é a identificação dos invariantes operatórios (conceitos e teoremas em ação), na resolução das situações. Através da TCC podemos identificar a operacionalidade dos conhecimentos prévios dos estudantes, sejam eles relacionados com conhecimentos do cotidiano ou escolar. O possível invariante “a água não participa do processo de formação dos seres vivos” necessita ser “testado” através de outras situações-problema

significativas, para que gradativamente evolua para um invariante coerente cientificamente, por exemplo: “a água participa do processo de formação dos seres vivos”. Isto pode ser conseguido através da resolução das situações-problema 1 e 2, pois estas enfatizam a importância da água para a formação das m.o. e futuras células (coacervados). Ao analisar as respostas das situações 1 e 2, percebemos que a água é um componente constante nos invariantes das respostas dos estudantes.

As concepções prévias dos alunos contêm teoremas e conceitos-em-ação que não são verdadeiros teoremas e conceitos coerentes com os científicos, mas que podem evoluir para tornarem-se mais próximos, principalmente dos escolares. Porém, a distância entre os invariantes operatórios dos alunos e os invariantes do conhecimento científico, mais precisamente dos conhecimentos escolares é grande, e a evolução conceitual poderá levar muito tempo. Por outro lado, pode ocorrer que certos conceitos possam ser construídos somente se certas concepções prévias forem abandonadas. Quer dizer, o conhecimento prévio pode funcionar como obstáculo epistemológico. Nesse caso, a ação mediadora do professor é também imprescindível (Vergnaud, 1990). Na situação problema 3, percebeu-se uma dificuldade para compreender a estrutura das substâncias em nível atômico. Isto só é percebido quando são analisadas as respostas dos alunos em relação ao problema proposto. Na TCC o aluno só conceitua significativamente quando resolve a situação-problema. Como na questão 3 os alunos não resolveram a situação, conseqüentemente eles não conceituaram m.o, através de uma aprendizagem significativa. Eles conceituaram explicitando invariantes operatórios que consideraram pertinentes para resolver a situação, indicando dificuldade na aprendizagem. A incompreensão do conceito de matéria a nível atômico pode estar dificultando a compreensão do conceito de m.o. Ao afirmar que “a m.o. é formada pelos gases da atmosfera primitiva”, o aluno indica um obstáculo epistemológico relacionado à estrutura da matéria: para ele, as substâncias são o somatório de outras e não a reorganização molecular dos átomos que compõem a substância. Embora muitos alunos citem a reorganização molecular como pressuposto para a formação de m.o., na realidade eles não compreendem o conceito “reorganização molecular”, pois falta o conhecimento sobre a estrutura atômica da matéria. É necessário fazer uma ruptura da concepção da matéria essencialmente molecular, para avançar para a concepção atômica da matéria. Objetiva-se a compreensão, posteriormente, dos fenômenos químicos

responsáveis pelo surgimento de novas substâncias a partir da combinação de outras substâncias.

O perfil epistemológico de alguns alunos para a concepção de combinação molecular se aproxima daquele que os alquimistas da idade média tinham em relação à matéria: misturando-se substâncias se chegaria à outra, pelo simples ato de misturá-las. É claro que existem misturas e podemos fazê-las com as substâncias; ao olhar cotidiano temos a falsa impressão que surgiu algo novo. Os conhecimentos científicos, desde meados do século passado, relativos à estrutura da matéria, nos permite compreender os fenômenos que ocorrem nas substâncias a nível atômico, quando a partir de determinadas moléculas, originam-se outras diferentes das primordiais. Portanto, TCC indica também potencial para fornecer ao professor elementos para a análise epistemológica da aprendizagem do aluno, e após identificar a estrutura conceitual das respostas dos estudantes (conceitos e teoremas em ação), orientar a elaboração das situações problemáticas que promoverão rupturas e continuidades.

De acordo com a TCC, através da análise dos conhecimentos produzidos para resolver as situações, é possível compreender as relações de filiações e rupturas entre os conhecimentos, uma vez que, enquanto os alunos resolvem as situações, têm oportunidade de desestabilizar seus conhecimentos. O desenvolvimento cognitivo acontece a partir da elaboração de esquemas, mediante o enfrentamento de situações. Ele ocorre em diversas situações onde o estudante tem que ser ativo (GRINGS et. al. 2008).

Neste trabalho, percebeu-se a necessidade de elaborar maior número de situações a partir da análise das respostas dos alunos (invariantes operatórios). A situação problema 2 indicou compreensão por parte dos estudantes para as questões de formação das m.o., através de combinações moleculares. Mas, ao responderem a situação 3, ficou nítido que eles não haviam desenvolvido um esquema, isto é, não haviam conceituado moléculas orgânicas e também alguns conceitos que fazem parte deste campo (estrutura atômica da matéria, combinações químicas). Fica evidente a necessidade de propor diferentes situações (relacionadas com a estrutura conceitual dos conhecimentos prévios), para promover a aprendizagem destes conceitos científicos. Segundo Grossi (2001), o conjunto de esquemas necessários à conceituação é uma organização invariante do comportamento para uma classe de situações.

Algumas estratégias de ensino se mostraram eficientes na promoção da explicitação dos conhecimentos durante o processo de aprendizagem dos conceitos escolares: a discussão coletiva das tentativas de resolução de problemas, as aulas práticas para determinar se o “fazer” e o “explicar” estão atuando simultaneamente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esta pesquisa em andamento, sugere que as interações que se estabelecem no convívio da sala de aula são tão importantes para a aprendizagem como os próprios conceitos que se quer ensinar. Na TCC esta relação é dialética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Uma proposta didática para abordar o conceito de temperatura a partir de situações, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **R. B. E. C.**, v. 1, n. 1. 2008.

GROSSI, E. P. Esquemas de pensamento, campos conceituais, teoremas em ação: um espaço de problemas do pós-construtivismo. In: **Seminário Internacional sobre Didática da matemática**, Porto Alegre, 2001.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.**, v. 3, n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J. e ROMBERG, T. (Orgs.) **Addition and subtraction. A cognitive perspective**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, p. 39-59, 1982.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v.10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática**, Rio de Janeiro, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. **Lev Vygotsky: pedagogo e pensador do nosso tempo**. Porto Alegre: GEEMPA, 2004.

**5 5 O DESENVOLVIMENTO DE POSSÍVEIS INDICADORES DE
INVARIANTES OPERATÓRIOS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO NA
DISCIPLINA DE BIOLOGIA**

*THE DEVELOPMENT OF POSSIBLE INDICATORS OF OPERATIVE INVARIANTS
FOR HIGH SCHOOL STUDENTS IN THE DISCIPLINE OF BIOLOGY*

Karen Cavalcanti Tauceda¹⁸

Vladimir Magdaleno Nunes¹⁹

José Cláudio Del Pino²⁰

RESUMO

O referencial teórico do campo conceitual de Vergnaud é utilizado neste trabalho, que apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa em educação em ciências na área de biologia. Inicialmente, investigou-se os conceitos da origem do universo e da vida elaborados pelos alunos do ensino médio, na disciplina de biologia. Através de situações-problema desenvolvidas ao longo deste estudo, procurou-se identificar as relações entre a estrutura conceitual e a estrutura cognitiva do aluno. Na análise destas relações, evidenciaram-se a construção de possíveis indicadores de invariantes operatórios de complexidade e características estruturais diferenciadas e que podem orientar futuras pesquisas para o aperfeiçoamento destas situações.

¹⁸ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

¹⁹ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br.

²⁰ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

Palavras-chave: origem do universo; origem da vida; campo conceitual; invariantes operatórios.

Abstract: The theoretical Vergnaud's conceptual field is used in this work, which presents the first results of a survey of science education in biology. Initially we investigated the concepts of the origin of the universe and of life in secondary school students, at the discipline of biology. Through problem situations developed over the course of this study, we sought to identify the relationship between the conceptual structure and the cognitive structures of the student. In the analysis of these relations, evidenced in the construction of possible indicators of operative invariants of complexity and structural characteristics differentiated and that can guide future research for the improvement of these situations.

Keywords: origin of the universe; origin of life; conceptual field; invariant operative

INTRODUÇÃO

O ser humano ao interagir com a realidade interpreta-a por meio de seus significados e representações. A Educação em Ciências busca aproximar esses significados e representações daqueles compartilhados pela comunidade científica (GRINGS et al., 2006). Neste processo de interação-interpretação, ocorre o desenvolvimento cognitivo, cujo problema central é a conceituação (VERGNAUD, 1990). No desenvolvimento cognitivo, o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente. As situações e problemas propostos são fundamentais no processo da aprendizagem (GRINGS et al., 2006). Vergnaud destaca que a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Muitas concepções são resultado das primeiras situações que o sujeito foi capaz de dominar. Mas existem diferenças entre os invariantes operatórios (conhecimentos-em-ação) que os sujeitos constroem ao interagir com o meio e os invariantes que constituem o conhecimento científico (MOREIRA, 2002).

A evolução da cognição ocorre quando a estrutura conceitual dos novos conhecimentos interage com a estrutura cognitiva dos conhecimentos prévios (relevantes), promovendo a aprendizagem significativa dos conceitos (AUSUBEL 1976, 1982). Nesta interação, os conhecimentos ficam mais elaborados e estáveis. No processo de conceituação, as relações entre as estruturas cognitivas humanas e a estrutura dos conceitos podem ser evidenciadas (GRINGS et al., 2006). Para Vergnaud, os conhecimentos prévios são precursores dos novos conhecimentos, os conhecimentos-em-ação (largamente implícitos), podendo evoluir ao longo do tempo para conhecimentos científicos explícitos (MOREIRA, 2002). Ou mais próximos dos científicos, os escolares.

Vergnaud desenvolveu uma teoria psicológica que enfatiza a organização do conhecimento em campos conceituais, que são compreendidos pelos sujeitos ao longo do tempo (CABALLERO, 2003). Então, os campos conceituais são definidos como um conjunto de situações e problemas cujo domínio requer diversas classes de conceitos, representações simbólicas e operações de pensamento, interligados durante o processo de aprendizagem (VERGNAUD, 1983, 1990).

A Teoria dos Campos Conceituais permite analisar as relações entre os conhecimentos explícitos e os invariantes operatórios largamente implícitos do comportamento dos sujeitos em determinadas situações, assim, estudar as continuidades e rupturas entre estes conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (VERGNAUD, 1993). Para Vergnaud (1998), um conceito adquire sentido através de sua interação com situações e problemas, assimilando as propriedades que formam os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação (conhecimentos-em-ação). O teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e um conceito em ação é uma categoria de pensamento considerada como pertinente. Um conceito está constituído por elementos que se relacionam: situações, invariantes operatórios e suas propriedades que se expressam por meio de diferentes representações simbólicas (VERGNAUD, 1996). As situações dão sentido aos conceitos, então o campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio requer a aplicação de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas (VERGNAUD, 1988). Conceitos são definidos por três conjuntos: 1º) S: um conjunto de situações que constituem o referente do conceito; 2º) I: um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que dão o significado do conceito; 3º) R: um conjunto

de representações simbólicas que compõem o significante do conceito. Assim como as situações dão sentido aos conceitos, os esquemas (herança piagetiana) dão sentido às situações. O sentido de uma situação para o sujeito são os esquemas evocados pelo sujeito para resolver uma situação. Esquema é uma organização invariante da conduta para uma determinada classe de situações (VERGNAUD, 1990). Isso significa que um esquema é um elemento cognitivo eficiente (não necessariamente eficaz) para todo um espectro de situações. Dependendo das características de cada situação em particular, pode gerar diferentes sequências de ações (VERGNAUD, 1998). Esquema, segundo Piaget, é a organização no sujeito, de habilidades sensório-motoras e intelectuais e que fornecem condições para solução para situações imediatas ou que necessitem de reflexão (GRINGS et al., 2006).

Um esquema contém objetivos, antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência. Os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) são os principais componentes dos esquemas e sua base conceitual, relacionando teoria e prática. Estes invariantes operatórios (maioria das vezes, implícitos), com sua base conceitual e seus objetivos, permitem inferir informações para as regras de ação mais adequadas para abordar as situações (VERGNAUD, 1990). Conceitos-em-ação e teoremas-em-ação não são verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas são componentes essenciais dos esquemas e estes são à base do desenvolvimento cognitivo. Os invariantes operatórios constituem um conhecimento predominantemente implícito e o aluno tem dificuldade em explicá-lo ou expressá-lo, mas isso não significa que tal conhecimento não possa ser explicitado. É através do processo de explicitação do conhecimento implícito, que os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos. Assim, o caráter do conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado (ESCUADERO et al., 2003).

Cabe ao professor (utilizando linguagem e símbolos), assumir a função mediadora do progressivo domínio de um campo conceitual. A partir das dificuldades do aprendiz, ele deve ajudar o aluno a desenvolver uma variedade de esquemas e representações; proporcionar a interação dos conhecimentos expressos pelos estudantes com os conhecimentos científicos, produzindo novos invariantes operatórios, e assim, novos esquemas. Segundo Vergnaud (1994, 1996), o aprendizado ocorre quando os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação se tornam mais próximos dos teoremas e

conceitos científicos; o esquema se torna mais complexo e evolui em sua eficiência de resolver situações-problema.

Não se pode evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos alunos, ignorando as especificidades dos conteúdos envolvidos e não levando em consideração o processo de conceituação do real produzido pelo aluno (VERGNAUD, 1983). O professor é responsável por esta tarefa.

OBJETIVOS

1. Inferir possíveis indicadores de invariantes operatórios que se evidenciem no processo da aprendizagem do campo conceitual da origem do universo e da vida, comparando-os com os conhecimentos científicos.
2. Identificar conceitos que os alunos demonstram dificuldade para compreender, ao resolver as situações-problema.
3. Formular estratégias cognitivas (situações-problema) que facilitem a aprendizagem dos conceitos escolares coerentes com os científicos, através do estudo da estrutura dos invariantes operatórios (conceitos e teoremas-em-ação).

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado durante os meses de março a maio de 2011, em uma escola pertencente à rede estadual de ensino, o Colégio Júlio de Castilhos, localizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os dados da pesquisa são referentes a uma turma de 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, no turno da manhã, com 30 alunos aproximadamente, com faixa etária de 14 a 17 anos.

Foram produzidos pelos estudantes textos para responder às situações-problema propostas. Segundo Grings et al. (2006), o desenvolvimento cognitivo ocorre quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente.

As situações (fundamentais no processo de aprendizagem) foram elaboradas com a intenção que provocassem a explicitação de invariantes operatórios na resolução

das questões (situação) - problema propostas. O texto elaborado foi submetido a uma análise qualitativa, com o objetivo de identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios, as dificuldades do desenvolvimento conceitual e a adequação das situações problema propostas para a aprendizagem significativa dos conceitos científicos, relacionados à origem do universo e da vida. As situações problema são de resposta aberta. Os dados obtidos permitiram inferir possíveis invariantes operatórios usados pelos alunos na resolução destas situações, durante o processo de conceituação e assimilação dos significados dos campos conceituais desta pesquisa. O estudante, através da interação com as situações e objetos propostos nas questões-problema, manifesta através da sua linguagem escrita, propriedades, situações e relações que dão significado aos invariantes operatórios e aos conceitos (VERGNAUD, 1998).

As questões (situações) - problema 1 e 2, foram intercaladas com atividades didáticas diversificadas, e com textos sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos do universo (apêndice 10 1 2, p. 316) e da vida (apêndice 10 1 6, p. 336). Pretendia-se, com este aporte teórico, desenvolver conhecimentos para que os estudantes compreendessem as ideias antigas, místicas, folclóricas e científicas nos contextos históricos em que foram produzidas, identificando elementos de ruptura ou validação destas concepções em seus conteúdos conceituais. As atividades didáticas diversificadas foram aulas com debates, filme (apêndice 10 1 1, p. 316), pesquisa de campo (apêndice 10 1 3, p. 332) e em laboratório (apêndice 10 1 4, p. 333). O filme e as aulas práticas resultaram em relatórios produzidos em dupla, visto que a discussão enriquece a compreensão dos conceitos, a aprendizagem significativa e a produção de possíveis invariantes operatórios explícitos. Segundo Moreira (2002), todas as atividades didáticas que promovam o debate são importantes para que os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação possam se tornar progressivamente, verdadeiros conceitos e teoremas científicos, pois o conhecimento explícito, ao contrário do implícito, pode ser comunicado a outros e conseqüentemente discutido.

Todas estas tarefas (atividades didáticas diferenciadas) geraram situações-problema, diferentes daquelas utilizadas para identificar possíveis invariantes operatórios, e que serão descritas logo a seguir; estas foram desenvolvidas individualmente para identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios de cada aluno. A questão (situações) - problema 1, indica os possíveis invariantes operatórios prévios dos alunos. A questão (situações) - problema 2, indica os possíveis

invariantes operatórias depois que foram desenvolvidas as atividades didáticas, e as dificuldades encontradas pelos alunos para a compreensão dos conceitos científicos desta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas dos alunos para as situações-problema 1 e 2, foram divididas em três categorias: 1. Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA); 2. Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI); 3. Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI), sendo que as categorias 1 e 3 foram propostas por Souza (2005), no estudo da aprendizagem em física. A categoria 2 (Conceitos Híbridos - CH), reuniu as respostas que não se enquadravam em nenhuma das demais categorias deste estudo. Apresentam conceitos científicos (Big-Bang e/ou evolução) e místicos.

Para melhorar identificação dos possíveis indicadores dos teoremas-em-ação dos diferentes campos conceituais, optou-se por separá-los em CCOU (Campo Conceitual da Origem do Universo) e CCOV (Campo Conceitual da Origem da Vida).

Questão-problema 1 (identificação das concepções prévias)

“Explique a origem do universo, sistema solar, planeta terra e a vida, levando em consideração que as galáxias estão se afastando uma das outras. Como explicar que o nosso planeta tem 4,5 bilhões de anos aproximadamente e que estudos revelam o seu passado como “uma bola” de matéria superaquecida? Os seres vivos sempre existiram? Fósseis de seres vivos de milhões de anos indicam que os seres vivos sempre foram iguais ou tem sofrido modificações?”

A seguir, trechos transcritos como exemplos de cada categoria na análise das situações propostas. Os possíveis indicadores de invariantes operatórias (científicos ou não) foram inferidos a partir das respostas dos alunos.

Categoria 1 - Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)

Resposta 1:

“...há 4,5 bilhões de anos atrás houve uma grande explosão, onde teve uma chuva de meteoros, onde se formou os rios, lagos e mares, depois veio as bactérias, os crustáceos, os peixes e assim em diante até a origem do homo sapiens. ”

Resposta 2:

“A origem do universo para mim foi a grande explosão, Big-Bang, e assim formou-se o sistema solar. Com pequenas partes da matéria, foi se formando o planeta...que ganhou forma e assim os continentes se juntaram-se. Em uma única célula a vida começou. O primeiro ser vivo da Terra era um bicho parecido com o girino, com apenas uma célula. Depois a terra ganhou vida com os peixes, dinossauros e outros animais daquela época. ”

As respostas desta categoria têm aproximadamente a mesma estrutura e provavelmente, utilizam teoremas-em-ação, similares. Alguns textos indicam maior diversidade de conceitos e são semelhantes em relação à linguagem.

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2:

1. O universo originou-se de uma grande explosão.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicadores dos teoremas-em-ação das respostas 1 e 2:

1. A vida começou com a célula ou bactéria e depois apareceram os outros seres vivos.

A maioria dos possíveis indicadores dos teoremas-em-ação do CCOU não contém o elemento conceitual da evolução do universo, e no CCOV o sentido “apareceram” pode indicar também um teorema-em-ação, implícito não-científico. A não compreensão das formas iniciais de vida, a partir das condições da Terra primitiva, pode significar que o aluno não domina ainda estes conhecimentos, ou que esta visão mecânica do aparecimento da vida pode vir a representar um obstáculo epistemológico na aprendizagem dos conceitos científicos, relacionados à origem e evolução da vida. Vergnaud (2003) salienta que os conhecimentos anteriores podem se tornar obstáculos para os novos conhecimentos.

Na resposta 2, nota-se o conhecimento prévio da evolução do planeta Terra com o possível teorema-em-ação: “o planeta Terra se formou e evoluiu a partir de partes de matéria.” Percebe-se que o sentido de evolução da vida, da forma simples à complexa, está presente nas duas respostas. Nos conhecimentos prévios de ambas as respostas, não ocorre indicativo de invariante operatório da origem da vida, como continuidade da evolução do universo.

O conceito evolutivo da vida faz parte do senso comum de forma mais evidente do que o conceito evolutivo do universo. As informações sobre a evolução dos seres vivos encontram-se mais acessíveis na mídia, museus de ciências, filmes de ficção-científica e nas discussões na escola, facilitada também pela ampla divulgação da existência de fósseis, fato que não pode ser refutado por teorias não científicas. A teoria da origem do universo, Big-Bang, citada em muitos textos (inclusive nos textos híbridos), não é compreendida através dos conceitos químicos que relacionam a evolução da matéria subatômica em átomos, moléculas, tampouco nos conceitos físicos de termodinâmica da matéria do universo primordial. O desconhecimento sobre a evolução do universo, como percebido nesta pesquisa, evidencia a importância de desenvolver este campo conceitual, importante para compreender a dialética da matéria em direção à origem da vida.

Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)

Resposta 1:

“Acredito que foi tudo criação de Deus. Ele como força maior fez sim todo o universo, sistema solar... Deus está nos pequenos detalhes, assim como a vida, os humanos, animais, plantas... Outra teoria válida foi a da explosão do Big-Bang, mas não tenho muita informação de como as coisas se seguiram, como os humanos foram evoluindo e tal. ”

Resposta 2:

“...para mim a origem de tudo é Deus...criou tudo o que existe, o universo, ...e vida. Não deixo de acreditar na teoria científica...acredito que ele criou os seres que evoluíram como a teoria científica explica. ”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possíveis indicadores dos teoremas-em-ação das respostas 1 e 2:

1. O universo e tudo o que existe foi criação de Deus.
2. A teoria científica também explica a origem do universo.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possíveis indicadores do teorema-em-ação das respostas 1 e 2:

1. Deus está na vida.
2. Não sei como foi a evolução dos humanos.
3. Deus criou os seres vivos e eles foram evoluindo de acordo com a teoria científico.

Os possíveis indicadores de invariantes operatórios desta categoria, para o CCOU, indicam a coexistência de explicações (científicas ou não), podendo-se inferir um invariante operatório mais amplo: “o universo foi criado por Deus apesar da ciência também explicar sua origem.” A teoria da evolução do universo, mais uma vez, não é citada. Estas informações ainda não fazem parte do senso comum dos estudantes, então o desenvolvimento da aprendizagem do CCOU no ensino médio torna-se importante, principalmente na disciplina de biologia. Desta forma, é possível relacionar os primórdios do universo com a origem e evolução da vida. Com relação ao CCOV, ocorre a tendência de explicar a origem da vida de forma não-científica e mencionar a evolução dos seres vivos de acordo com a ciência.

Um invariante operatório mais amplo seria:

Deus criou os seres vivos e estes foram evoluindo.

Categoria 3 - Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)

Resposta 1:

“Eu acredito que Deus criou o universo. Ele criou a Terra e fez aparecer a primeira célula, e a partir daí o mundo foi evoluindo.”

Resposta 2:

“Origem do Universo, eu acho que foi Deus que criou tudo, e depois veio Adão e Eva...”

Nesta categoria, o CCOU se complementa com o CCOV, visto que o teorema-em-ação “Deus criou o universo” apresenta uma continuidade com a ideia da criação da vida em suas diferentes formas: “a partir da criação do universo, Deus criou a vida e ela foi evoluindo.” A ideia da evolução da vida está presente na maioria dos textos. Mais uma vez, não se encontra possíveis invariantes operatórios sobre a evolução do universo.

Nesta categoria, os textos apresentam simplificação estrutural indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares e inadequados, os quais traduzem uma não compreensão dos campos conceituais (ou não aceitação destes) envolvidos nas situações da questão-problema 1.

Questão-problema 2:

“O universo sempre existiu ou teve um início? E a matéria que constitui o universo esteve da mesma forma que a conhecemos atualmente (seres vivos, planetas, nebulosas, galáxias, etc.) ou sofreu modificações? Como explicar as modificações ambientais atuais? Elas também ocorreram há milhões de anos atrás? Os seres vivos acompanham estas mudanças?”

A questão-problema 2 foi reformulada para enfatizar situações que promovam a explicitação de invariantes operatórios relacionados à evolução do universo, à evolução da vida como consequência da evolução do universo e das condições ambientais do planeta, visto que, as respostas referentes aos conhecimentos prévios (relacionada à questão-problema 1) não explicitaram estes possíveis teoremas-em-ação.

Categoria 1 – Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)

Resposta 1:

“O universo surgiu do Big-Bang que foi uma explosão. Os planetas em choque por causa do Big-Bang e dos impactos dos meteoros. Meteoros que levam partículas de água bateram com os planetas e partículas de chuva dos meteoros. Depois a vida que as células evoluíram.”

Resposta 2:

“O universo surgiu depois de uma enorme explosão e a galáxia foi decorrente também da explosão que foi chamada de Big-Bang. O sistema solar é como um subsistema que tem

dentro da galáxia e o planeta Terra é uma das esferas de enorme matéria. A vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como partículas de água e outros. ”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação das respostas 1 e 2:

1. O universo surgiu a partir de uma explosão chamada Big-Bang.
2. Os planetas são afetados pelo Big-Bang e partículas de chuva dos meteoros.
3. A galáxia e o sistema solar foram decorrentes da explosão do Big-Bang.
4. O planeta Terra é uma esfera e tem grande quantidade de matéria.

No CCOU a estrutura das respostas sugere uma diversidade e complexidade maior dos possíveis indicadores de invariantes operatórios, que aqueles identificados nas respostas relacionadas aos conhecimentos prévios. Já se encontra o conceito de evolução do universo em alguns possíveis teoremas-em-ação. Este fato sugere que as intervenções didáticas, (com situações-problema diversificadas), concomitante com a reformulação da questão-problema, poderiam estar promovendo respostas com possíveis indicadores de teoremas-em-ação, diversificadas e adequadas cientificamente (que envolvam o conceito de evolução do universo). Ambas as respostas possuem possíveis indicadores de teoremas-em-ação que evidenciam a compreensão da relação da evolução do universo com a origem das galáxias, e o planeta como resultado deste movimento da matéria: “O universo surgiu a partir do Big-Bang, formando as galáxias, sistema solar e o planeta Terra. ”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possíveis indicadores dos teoremas-em-ação das respostas 1 e 2:

1. Meteoros levam água para o planeta e depois a vida, representada pela célula, evolui.
2. A vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como a existência de água.

Nota-se que embora o teorema-em-ação da resposta 1 apresente uma explicação inadequada para a causa da existência de água (meteoros levam água para o planeta), a consequência deste fato é correta (existência de vida e evolução da célula como consequência da ocorrência de água). Os possíveis invariantes operatórios sugerem uma aprendizagem significativa para lidar com as situações-problema relacionadas à origem da vida, pois a essência deste campo conceitual é a compreensão do conceito de evolução como precursora da vida no planeta. As respostas desta categoria apresentam estrutura semelhante indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares. A ocorrência de alguns fatores ambientais (água) no planeta é indicada como uma das causas da origem da vida.

A estrutura dos teoremas-em-ação do CCA dos conhecimentos prévios, e dos novos conhecimentos, apresentou similaridade; porém, foram acrescentados teoremas-em-ação relativos ao CCOU aos novos conhecimentos.

Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)

Resposta 1:

“Eu gosto de brincar dizendo que Deus mandou o Big-Bang explodir e em sete dias criou em sua mente como a vida viria a seguir, daí ele pôs tudo na teoria da evolução.”

Resposta 2:

“Para mim Deus criou o mundo e tudo o que existe no universo. Não acho que as teorias científicas por isso estejam erradas (Big-Bang, evolução), mas que isso só aconteceu porque Deus quis assim.”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2:

1. Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2:

1. A teoria científica da evolução existe porque esta é a vontade de Deus.

As respostas relacionadas aos CCOU e CCOV sugerem simplicidade na estrutura dos possíveis indicadores de invariantes operatórios, se comparada (à estrutura) daqueles encontrados nos textos CCA. As situações-problema propostas nas intervenções didáticas juntamente com as modificações da questão-problema parecem não terem sido suficientes para promover rupturas nos conhecimentos anteriores destes alunos. Não há evidências de que os alunos não compreenderam os conceitos relativos à origem do universo e da vida, pelo contrário, ao fazer referência de sua existência, explicam a teoria científica através da teoria não-científica. Comparando os CH (das concepções prévias e dos novos conhecimentos), observa-se que, a estrutura dos teoremas-em-ação das explicações do CCOU é similar e inadequada cientificamente. Os teoremas-em-ação do CCOV das concepções prévias assemelham-se por acrescentar o conceito evolutivo, embora em ambas as explicações, estão relacionadas aos CCI “é a vontade de Deus. ”

Categoria 3 – Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)

Resposta 1:

“A única coisa que eu acredito é que Deus fez o mundo: a Terra... os animais... fez o homem chamado Adão...”

Resposta 2:

“Eu acredito que tudo que tem na Terra, no universo foi Deus que criou... acredito também que foi ele que fez surgir a vida...”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2:

1. Deus criou o universo e a Terra.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2:

1. Deus criou a vida.

Comparando os CCI (das concepções prévias e dos novos conhecimentos), encontra-se a mesma simplificação estrutural e conceitual dos teoremas-em-ação. Em relação à diversidade, os textos referentes aos CCA apresentam em sua estrutura diferentes conceitos e teoremas-em-ação se comparados com os textos da categoria dos CCI. Este fato pode ser explicado pela natureza da estrutura das respostas dos CCA. As explicações que levam em conta as teorias científicas apresentam diferentes possibilidades de construção de invariantes operatórios para explicar os acontecimentos da situação problemática, mesmo que, em algumas explicações incorram em alguns erros conceituais, como por exemplo: “o meteoro levou água para o planeta acarretando a possibilidade do surgimento da vida.”

Pode-se dizer que os CCI não são concepções alternativas, pois os alunos desenvolveram estas explicações para dar conta de diferentes situações que envolvem o problema das origens e evolução do universo e da vida. Então, estes possíveis invariantes operatórios seriam uma regra implícita que integrariam um esquema e modelos mentais necessários para resolver as situações desta classe. De qualquer forma, estes conceitos são inadequados cientificamente, não correspondem às situações-

problema propostas, principalmente no que diz respeito à origem do universo. Estas possíveis causas já foram explicitadas anteriormente no item dos CCA das concepções prévias.

As informações que resultam das questões-problema indicam a compreensão (ou não) dos alunos, e servem como indicativo para delinear e adequar situações-problemas que sejam eficazes na promoção de invariantes operatórios significativos e próximos dos conhecimentos científicos. Na presente pesquisa, percebeu-se que as questões-problema deveriam enfatizar situações que promovessem explicações, através de teoremas-em-ação, relacionados à origem do universo. Segundo Souza (2005), o estudo do campo conceitual tem como objetivo identificar e aplicar estas situações e estudar o processo de resolução destas questões-problema pelos estudantes. É neste processo que o aluno explicita os teoremas-em-ação, e cabe ao professor, avaliá-los e utilizá-los para a construção de materiais instrucionais que contenham situações que desenvolvam a aprendizagem significativa. Grings et al. (2006), afirma que as situações propostas são fundamentais no processo de aprendizagem.

Neste estudo, identificou-se reduzida diversidade de teoremas-em-ação na explicitação da questão-problema 1 (conhecimentos prévios), principalmente no CCOU (Campo Conceitual da Origem do Universo). Isto pode ser explicado pelo uso de materiais pedagógicos em séries anteriores (ciências) que não enfatizam as teorias científicas da origem e evolução do universo, acompanhada pela reduzida exposição destas teorias nos meios de comunicação que efetivamente alcancem a maioria da população. De acordo com Vergnaud (1998), o baixo nível de conceituação se caracteriza por reduzidos níveis de explicitação de invariantes e suas representações; quando os aspectos procedimentais e operacionais predominam sobre o uso de predicados, se expressaria uma maior riqueza conceitual, por parte do estudante.

Neste trabalho, procurou-se determinar possíveis indicadores de invariantes operatórios que seriam obstáculos epistemológicos para os alunos, durante a aprendizagem dos campos conceituais em questão. Ausubel (1986) afirma que para ocorrer a aprendizagem significativa dos conceitos, uma nova informação deverá interagir com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Assim, é necessário levar em consideração os conhecimentos prévios no processo ensino-aprendizagem. Os invariantes operatórios, ao contrário das concepções alternativas, por relacionarem-se a várias situações problemáticas, não são tão evidentes e podem

bloquear eficazmente a apreensão de um campo conceitual. Nesta pesquisa, se identificou possíveis indicadores de teoremas-em-ação, não científicos (místicos), que provavelmente dificultaram a explicitação e compreensão das teorias da origem do universo e da vida.

Este trabalho propõe-se a indicar possíveis invariantes operatórios nas respostas das situações propostas aos alunos do 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia. Para identificar efetivamente estes invariantes, seriam necessárias muitas situações e relações envolvendo cada conceito. Apesar de diagnosticar apenas o indicativo destes invariantes, algumas dificuldades para a compreensão significativa dos CCOU e CCOV foram identificadas. Estas dificuldades poderão servir de referência para avaliar as propostas pedagógicas atuais e elaborar novas. Percebeu-se, que as situações-problema referentes à origem e evolução do universo e da origem da vida, não foram eficazes para a explicitação destes invariantes operatórios. Este fato pode ser explicado, quando consideramos que a explicitação destes invariantes operatórios pelos alunos, levam em conta mais do que aspectos cognitivos.

Segundo Vergnaud (1982) e Grings et al. (2006), a compreensão significativa dos conceitos é um processo lento, onde os significados, interagindo com diferentes situações podem tornar-se conceitos científicos. A teoria dos campos conceituais leva em conta que o domínio de um campo conceitual (aprender e desenvolver competência para responder a situações-problema), é progressivo e demorado. Considerando as características dos CCOU e do CCOV, este domínio envolve mais do que desenvolver os conceitos científicos em questão. Estes campos conceituais envolvem também crenças e sentimentos que provavelmente vão estar relacionados às explicações científicas, como visto neste estudo. Também ocorreram situações em que os alunos negaram totalmente as teorias científicas. Nestes casos, as crenças serviram de obstáculos epistemológicos, talvez não à compreensão; pois a teoria científica seria um invariante operatório implícito; mas a aceitação de que a ciência explica estes fenômenos, e isto não se pode negar.

Estudos que relacionam a educação científica e religiosa indicam que há divergências de opiniões sobre o tema (Sepulveda & El- Hani, 2004). Mahner & Bunge (1996) afirmam que dados os conflitos doutrinários, metafísicos, metodológicos e atitudinais entre ciência e religião, a educação religiosa é incompatível com a educação científica. Já Woolnough (1996) e Lacey (1996), interpretam que a educação religiosa e

a educação científica são independentes e complementares, pois a ciência e a religião respondem a diferentes necessidades humanas. Porém, a síntese entre estas duas formas de conhecimento provoca distorções de ambas e à construção de estruturas de conhecimento inconsistentes (EL-HANI e BIZZO, 1999, 2002). Percebeu-se, nesta pesquisa, que as concepções híbridas (CH), como por exemplo: “Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim”, praticamente encerram a questão sobre a origem do universo, dificultando a exploração de novas situações problema, relativas ao CCOU.

A evolução da vida é um conceito relativo ao Ensino de Ciências mais polêmico em relação ao conhecimento religioso (SEPULVEDA e EL- HANI, 2004). Neste estudo, identificou-se a utilização de possíveis indicadores de invariantes operatórios relativos a este tema (fazendo parte dos CCOV), nas respostas “híbridas” e nas respostas com CCI. El-Hani e Bizzo (1999, 2002) consideram possível a convivência de crenças contraditórias na ecologia conceitual de um indivíduo, desde que elas sejam empregadas em contextos diferentes. Parece que, quando o aluno afirma que: “Eu gosto de brincar dizendo que Deus mandou o Big-Bang explodir e em sete dias criou em sua mente como a vida viria a seguir, daí ele pôs tudo na teoria da evolução”, ocorrem duas dimensões de acontecimentos, a dimensão da vontade divina e a dimensão dos acontecimentos do Big-Bang e da evolução. O aluno construiu uma explicação funcional (teorema-em-ação) para o problema, porém, cientificamente inconsistente.

Quando os conceitos científicos contrariam a orientação geral da visão de mundo dos alunos, é possível ocorrer alternativas à acomodação daqueles conceitos. Entre estas alternativas, Cobern (1996) destaca um fenômeno denominado “apartheid cognitivo”, no qual o aluno não se apropria realmente do conhecimento científico, coloca-o isolado na sua estrutura cognitiva, mobilizando-o nas avaliações, por exemplo, sem chegar a efetivamente utilizá-lo em sua vida cotidiana. Muitas das respostas CCA a respeito da origem do universo e da vida podem estar enquadradas nesta categoria. Seriam necessárias situações-problema mais diversificadas durante um longo período de ensino para perceber se o aluno realmente se apropriou destes conceitos científicos.

A visão de mundo é desenvolvida em diferentes tradições culturais, diversas da ciência. Em muitos casos, por exemplo, para os estudantes cujas explicações para as situações problema foram com CCI ou CH, a educação científica deve enfatizar a compreensão dos conceitos científicos como objetivo do processo de ensino e

aprendizagem, e não esperar que os alunos os apreendam ou creiam neles (COBERN, 1994).

O objetivo a ser perseguido pelo Ensino de Ciências, segundo Cobern (1996) consiste no desenvolvimento de uma visão de mundo compatível com a ciência, e não necessariamente de uma visão de mundo científica. Já Mahner e Bunge (1996), afirmam que, na formação da visão de mundo, os alunos devem escolher entre uma perspectiva religiosa e uma perspectiva científica. De qualquer maneira, muitos alunos optaram por desenvolver explicações que continham “uma visão de mundo compatível com a ciência.” Optaram por misturar teorias científicas com as místicas (religiosas). Resta saber se este comportamento foi devido à falta de compreensão das teorias científicas ocasionada pelas situações-problema pouco diversificadas ou por negação das teorias científicas por razões de filosóficas (crenças e religião).

Para Cobern (1996), o Ensino de Ciências deve ter o objetivo de tornar tais teorias, modelos e conceitos compreensíveis para os estudantes e não esperar que os alunos apreendam as teorias, os modelos e os conceitos da ciência, percebendo-as como verdade. Neste sentido, a Teoria dos Campos Conceituais pode tornar-se importante, pois prioriza as situações que darão sentido aos conceitos científicos e o estudo da estrutura destes conceitos relacionando-os com os conhecimentos prévios dos estudantes. Então, segundo Mortiner, a aprendizagem das ciências ocorrerá através da aplicabilidade das várias zonas de seu próprio perfil conceitual.

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, tem se mostrado eficaz na pesquisa no ensino de física (COSTA e MOREIRA, 2005; MOREIRA, 1998, 2002; ESCUDERO et al., 2003). Já consolidada no ensino de matemática, propõe-se o desenvolvimento de novas pesquisas, em diferentes campos conceituais, utilizando este referencial teórico que se mostra promissor na pesquisa do ensino de biologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Psicologia Educativa: um Ponto de Vista Cognoscitivo**. México: Editorial Trillas, 1976.

_____ **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

CABALLERO, M.C.S. La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. **Atas do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos/UFRGS** - Porto Alegre: PIDECA, v. 5, p. 137 -154, 2003.

COSTA, S. S. C. & MOREIRA, M. A. Knowledge-in-action: an example with rigid body motion. **Research in Science & Technological Education**, Nottingham, v. 23, n. 1, p. 99-122, 2005.

COBERN, W. W. World view, culture, and science education. **Science Education International**, v. 5, n. 4, p. 5-8, 1994.

_____ Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, v.80, n. 5, p. 579-610, 1996.

EL-HANI, C. N. e BIZZO, N. Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. In: MOREIRA, M. A. & OSTERMANN, F. (Orgs.) - Porto Alegre: ABRAPEC. **Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** 1999. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A06.pdf>> Acesso em: 10/08/2011.

_____ Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. **FAE**, Belo Horizonte, v. 4, p. 1-5, 2002.

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C. Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 201-226, 2003.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

LACEY, H. On relations between science and religion. **Science & Education**, v. 5, n. 2, 143-153, 1996.

MAHNER, M e BUNGE, M. Is religious education compatible with science education? **Science & Education**, Pennsylvania, v.5, n. 2, p. 91-99, 1996.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

SEPÚLVEDA, C. e EL-HANI, C. N. Quando visões de mundo se encontram: religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em ciências biológicas. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 137-175, 2004.

SOUSA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A.; MATHEUS T. A. M. A resolução de situações-problema experimentais no campo conceitual do eletromagnetismo: uma tentativa de identificação de conhecimentos-em-ação. In **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** – Bauru: APRABEC. Atas do V ENPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/3/pdf/p721.pdf>> Acesso em 5/4/2011.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J.; ROMBERG, T. **Addition and subtraction. A cognitive perspective**, p. 39-59. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. 1982.

_____ Quelques problmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. **Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique**. França: La Londe les Maures, 1983.

_____ Multiplicative structures. In: HIEBERT, H.; BEHR, M. (Orgs.) **Research Agenda in Mathematics Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades**, p. 141-161. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1988.

_____ La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didatique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

_____ Teoria dos campos conceituais. In: **Anais do 1º Seminario Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, Brasil, 1993.

_____ Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. e CONFREY, J. (Orgs.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

_____ A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre: GEMPA, n. 4, p. 9-19, 1996.

_____ Comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, p. 2, p. 167-181, 1998.

_____ **Por que ainda há quem não aprende?** Petrópolis: Editora Vozes, 2003.

WOOLNOUGH, B. On the fruitful compatibility of religious education and science.
Science & Education, v. 5, n. 2, p. 175-183, 1996.

**56 O ESTUDO DA CÉLULA ATRAVÉS DE SITUAÇÕES-PROBLEMA
RELACIONADOS A ENZIMA: UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA NO REFERENCIAL DOS CAMPOS CONCEITUAIS COM
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Karen Cavalcanti Tauceda²¹

José Cláudio Del Pino²²

Vladimir Magdaleno Nunes²³

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é analisar a aprendizagem no campo conceitual de célula a partir da resolução de situações problemáticas relacionadas a um conceito subjacente (enzima):

1. Através da identificação de conhecimentos (invariantes operatórios) que pertençam ao campo conceitual de célula
2. Através da identificação de situações-problema potencialmente significativas na promoção destes conhecimentos.

²¹ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

²² Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

²³ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

MARCO TEÓRICO

A célula é um conceito chave na compreensão e organização dos conhecimentos biológicos. Os problemas de conceituação relativos à sua estrutura e funcionamento dificultam a compreensão do mundo vivo; embora exista concretamente, na mente dos alunos é construída uma representação intrincada e abstrata. Muitos estudos têm discutido esta situação (PALMERO e MOREIRA, 1999). A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de G. Vergnaud (1982, 1990), enfoca justamente os problemas relacionados à conceituação do real. Ele afirma que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo do tempo, através da experiência, maturidade e aprendizagem.

Por ser um campo conceitual amplo e complexo, a célula e o conceito de enzima relacionado a ela, tornam-se propícios para o estudo das dificuldades na aprendizagem a partir deste referencial. Segundo Pedrancini et. al. (2007), a amplitude e heterogeneidade deste conceito relacionado à metodologia do ensino tradicional promove a fragmentação dos conteúdos, dificultando a aprendizagem da estrutura e fisiologia celular, características básicas dos seres vivos. Sangiogo e Zanon (2012) relataram as dificuldades na compreensão da estrutura e do modo de ação das enzimas, em um estudo realizado com professores, graduandos e pós-graduandos de química e biologia.

Segundo Vergnaud, um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas (VERGNAUD, 1990), entrelaçados durante o processo de aquisição (MOREIRA, 2002). É, sobretudo, um campo de situações problema, e serão estas situações que darão sentido aos conceitos. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolver estas situações ele conceitua (KREY e MOREIRA, 2009). Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que darão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teoremas-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos. Um esquema é um plano de ação, uma estratégia que

abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente.

As situações-problema devem ser potencialmente significativas, pois o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar, estabilizar, enriquecer (em termos de significados) seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (AUSUBEL, 2003; VERGNAUD, 2005).

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em 2011 e 2012, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. A pesquisa ocorreu em duas turmas (25 alunos aproximadamente) da regência da autora, durante três meses em 2011 e igual período, em 2012. Segundo Vergnaud (1990), a aprendizagem pode demandar muito tempo e nem sempre coincide com o período de ensino.

Em 2011, não estava sendo desenvolvida a metodologia do campo conceitual, portanto, pode-se utilizar as explicitações produzidas pelos alunos, como exemplo de metodologia tradicional de ensino.

Este trabalho refere-se à aprendizagem de um dos conceitos relativos ao campo conceitual da célula, o conceito de enzima, através de uma metodologia diferenciada (a Teoria dos Campos Conceituais - TCC) e da metodologia tradicional, aplicada em duas turmas de biologia do 1º ano no ensino médio (T1) e (T2) respectivamente, na promoção da aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados (adaptado de Krey e Moreira, 2009).

O desenvolvimento dos conteúdos de ensino (situações de apresentação de conceitos), em T1, foi intercalado pelas tarefas (situações-problema avaliativas). Estas foram realizadas individualmente sem consulta de material de apoio em T1 e T2:

A resposta foi considerada adequada cientificamente quando os invariantes não se contradiziam (a maioria), eram coerentes com os conteúdos de ensino e se a resposta correspondia à situação-problema. Muitas vezes o aluno respondia coerentemente com os conceitos trabalhados em aula, mas a resposta não estava relacionada à pergunta.

(T1) turma de “ensino diferenciado”:

Este ensino é baseado em situações teóricas potencialmente significativas tanto na introdução de conteúdos como das situações-problema para avaliação de aprendizagem (textos individuais) (adaptado de Krey e Moreira, 2009).

São enfatizados o debate e as situações-problema na apresentação dos conceitos (tornar os conhecimentos implícitos em explícitos), negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (GROSSI, 2006) para que ocorram as continuidades e rupturas nos conhecimentos. Não é apresentado para os alunos, o conhecimento “pronto” (formalismo do ensino tradicional).

(T2): turma de “ensino tradicional”

Não há situações-problema na apresentação dos conteúdos, reduzindo o debate e a mediação aluno-professor. A metodologia consiste na apresentação dos conceitos relacionados aos conteúdos que se quer ensinar. Os conceitos não serão inseridos em situações-problema. A aula é caracterizada como do tipo expositiva, narrativa. Segundo Moreira (2011, p. 2) “... o professor ensina, básica e fundamentalmente falando, dizendo aos estudantes o que se supõe que devam saber”. As situações-problema avaliativas serão as mesmas de T1. Se as concepções prévias forem explicitadas, não serão utilizados para a reformulação das situações-problema avaliativas.

RESULTADOS

(Situação-problema 1 avaliativa) Explicar como os coacervados (futuras células) obtém energia para sobreviver e evoluir e qual é a origem desta energia?

O objetivo foi identificar o conhecimento do aluno em relação às interações do coacervado (célula primitiva) com o meio ambiente. Investigou-se os conhecimentos sobre a estrutura molecular das substâncias, formação das moléculas orgânicas e seu potencial para fornecer energia para as células. Na turma com ensino diferenciado (T1), 64% forneceram respostas adequadas cientificamente e 36% deram respostas

inadequadas cientificamente. Foram identificadas 57% de respostas inadequadas cientificamente e 43% adequadas cientificamente na turma de ensino tradicional (T2). O invariante “A quebra das m.o. libera energia” (o significado de m.o. é “molécula orgânica”), foi o mais frequente. Menos frequente foi o invariante “A quebra da m.o. libera a enzima.” Nas situações de apresentação dos conceitos, foi identificada a necessidade de um maior debate em relação à estrutura molecular da matéria. Na situação-problema 1, foi identificada a necessidade de contextualizar esta situação no ambiente da Terra primitiva, para promover a relação dos conhecimentos prévios dos alunos com a situação proposta. Segundo Ausubel (1982) a concepção prévia é o elemento mais importante para a aprendizagem, pois o aluno só aprende a partir daquilo que ele já sabe.

(Situação-problema 2 avaliativa) Nos mares, rios, lagos de aproximadamente 3,5 bilhões de anos atrás, os organismos primitivos unicelulares (bactérias) obtinham energia para sobreviver através das moléculas orgânicas (proteínas, glicose, lipídios) que se encontram no seu ambiente. Como ocorreu este processo?

O objetivo desta questão é identificar os conhecimentos sobre as reações bioquímicas na célula, colisão e ruptura da estrutura das moléculas orgânicas com liberação de energia para as células, através da ação de enzimas (cuja função é acelerar as reações bioquímicas na célula). Em T1, foram 30% de respostas inadequadas cientificamente e 70% de respostas adequadas cientificamente. Foram identificadas 67% de respostas inadequadas cientificamente e 33% adequadas cientificamente em (T2). Os invariantes mais frequentes foram “a quebra das m.o. libera energia para as células”, porém, já se encontra alguns poucos invariantes relacionados à enzima como: “[...] quebrando as enzimas fazendo com que a m.o. libere energia para o organismo.” Identificou-se a necessidade de desenvolver diferentes situações para a conceituação da enzima, para que o aluno perceba que a enzima não se “quebra”, mas provoca a “quebra” das m.o.

CONCLUSÕES

As concepções prévias dos alunos tiveram um importante papel, tanto para o professor, na elaboração das situações-problemáticas, como para o aluno. Ele apoia-se nestas concepções para a elaboração de novos conhecimentos. O invariante operatório “a quebra de m.o. libera energia” que se relaciona com o conceito de enzimas, apresenta continuidade com o conhecimento da estrutura molecular da matéria. Ocorre uma continuidade desta concepção com a ideia das m.o., sendo fonte de energia para o coacervado. Algumas rupturas devem ser feitas, como por exemplo, “[...] o coacervado pega energia da m.o.” A ideia do aluno é que basta o coacervado se aproximar da m.o., para que ocorra a liberação de energia. Para ocorrer esta ruptura conceitual, é necessário, por exemplo, propor situações para a conceituação da estrutura molecular da matéria e enzima. Vergnaud (1990) e Ausubel (1982) enfatizam o papel do conhecimento prévio como precursor de novos conhecimentos (científicos ou não) e sobre as continuidades e rupturas na construção do conhecimento.

Na identificação dos invariantes na resolução das situações, são percebidas as dificuldades para a aprendizagem destes conceitos. Por exemplo, em T2 (ensino tradicional), na situação-problema 1, quando o aluno responde “[...]os raios atmosféricos se transformam em coacervados.”, identificamos a incompreensão do conceito de moléculas orgânicas. Na falta desta conceituação, o aluno não conseguirá compreender o significado de enzima (que é uma m.o.) e de célula (que é constituída de m.o. altamente organizadas). Na situação-problema 2, que envolve conhecimentos sobre m.o., enzima e célula, este mesmo aluno responde “[...]os aminoácidos tiravam sua energia dos gases e raios[...]” Percebe-se que este aluno, ao não solucionar a situação que é mais complexa (envolve conceitos mais abstratos), ele não se desenvolveu cognitivamente na aprendizagem dos conceitos de célula e enzima. Ele não respondeu “Como os coacervados obtêm energia para sobreviver?” Segundo Vergnaud (1990), cada vez que o aluno conceitua (na resolução de situações), ele está apto para resolver outras situações que vão abarcar os conceitos que fazem parte daquele campo conceitual.

Por isso, este aluno, demonstra dificuldade em compreender o significado de célula e enzima, pois lhe falta o conceito de m.o. (que constitui o campo conceitual de

célula e enzima). Segundo Vergnaud (1982), o conhecimento, está organizado em campos conceituais, cujo domínio (Vergnaud, 1990) requer o domínio de vários conceitos, esquemas e representações de naturezas distintas.

A introdução do conceito de enzima através de situações-problema parece contribuir para a conceituação da célula, pois o invariante “a quebra das ligações dos m.o. libera energia para a célula.”, mostra um possível conhecimento em relação à existência de “algo” (enzima) que “quebre” as ligações dos m.o. E indica também alguma compreensão do que seja uma célula, pois o invariante relaciona m.o. e energia com a célula, através da resolução do problema da sobrevivência celular.

O campo conceitual da célula é amplo e diverso. Para resolvê-lo plenamente o aluno deverá compreender muitas e diferentes situações para que se aproprie dos conceitos e esquemas que fazem parte deste campo. Este trabalho é uma tentativa inicial de contribuir para a compreensão dos processos cognitivos que levam à aprendizagem do campo conceitual da célula através do conceito de enzima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações.** Textos. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.**, v. 3, n. 3, p. 595-605, 2009.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, p. 2002.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011.

PEDRANCINI, V.D.; CORAZZA-NUNES, M. L.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PALMERO, M. R. L.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 121-160, 1999.

SANGIOGO, F. A; ZANON, L. B. Reflexões sobre Modelos e Representações na formação de professores. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 26-34, 2012.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J. & ROMBERG, T. (Orgs.) **Addition and subtraction. A cognitive perspective**. p. 39-59. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982.

VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática**, Rio de Janeiro, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. G. In: GROSSI, E. P. **Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem** (p. 85-100), Porto Alegre: GEEMPA, 2005.

5 7 A APRENDIZAGEM DA FOTOSSÍNTESE NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE AULAS EXPERIMENTAIS NO REFERENCIAL DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA E ALGUNS RESULTADOS PARCIAIS

Karen Cavalcanti Tauceda²⁴

José Cláudio Del Pino²⁵

RESUMO

Foram desenvolvidas situações problema em atividades de ensino teórico práticas na disciplina de biologia, com alunos de 1º ano do ensino médio. Aplicou-se a metodologia da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud para desenvolver situações-problema adequadas à aprendizagem do conceito da fotossíntese. Através da identificação da estrutura conceitual (invariantes operatórios) dos conhecimentos produzidos na resolução das situações problemáticas, percebe-se a importância desta teoria para a identificação e superação das dificuldades nesta aprendizagem, através da possibilidade da reformulação destas situações.

1. CONTEXTO DO RELATO

O trabalho foi desenvolvido no Colégio Estadual Júlio de Castilho, Porto Alegre, RS, com aproximadamente 25 estudantes na faixa etária entre 14 a 17 anos aproximadamente, de 1º ano do ensino médio, em uma turma na disciplina de biologia.

²⁴ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

²⁵ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

Esta pesquisa consiste na identificação da aprendizagem promovida pela resolução de situações-problema. Estas situações foram elaboradas e mediadas pelo professor, e desenvolvidas pelos alunos no laboratório de biologia da escola. Foram realizadas entre setembro e outubro de 2012, com um total aproximado de 195 horas-aula. Segundo Vergnaud (1998), na teoria dos campos conceituais, o sujeito desenvolve-se cognitivamente através da conceituação. Ele conceitua ao resolver as situações-problema significativas para ele, e ao resolver estas situações, ele desenvolve-se cognitivamente. Para Vergnaud (1994), o professor deve compreender e analisar os aspectos conceituais dos esquemas (prévios e novos) e das situações para as quais os estudantes desenvolvem seus esquemas (na escola ou fora dela). Todas as situações-problema têm como objetivo promover a conceituação, e ao desenvolver esta conceituação, as situações promovem a explicitação dos conceitos (conhecimentos em ação ou invariantes operatórios), possibilitando a identificação do desenvolvimento da aprendizagem, neste processo. Esta identificação (dos invariantes operatórios da estrutura conceitual prévia e nova), é importante para subsidiar as informações a respeito do aspecto conceitual destas situações, para possíveis reformulações. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que darão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teoremas-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos. Um esquema é constituído de diferentes invariantes operatórios que formam um plano de ação, uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. O significado de situação-problema nesta pesquisa, não é a mesma daquele dos exercícios de fim de capítulos dos livros texto. É uma situação gerativa, produtiva, isto é, o aluno percebe como problema e para resolvê-lo, dá sentido aos conceitos necessários para solucioná-lo (VOSNIADOU, 1994). Ao solucioná-lo, ele evidencia compreensão, isto é, uma aprendizagem significativa (AUSUBEL et al, 1980). Segundo Vergnaud (1994), para que o sujeito considere um problema como um problema, ele deve possuir conceitos que lhe forneçam a compreensão deste problema. Desta forma, para que ocorra a aprendizagem significativa, deve-se considerar a estrutura conceitual que se quer ensinar e a estrutura cognitiva do aluno (concepções prévias). É através da identificação

deste desenvolvimento cognitivo frente às situações-problema (elaboradas e mediadas pelo professor), resolvidas através da interação na sala de aula entre alunos e professor, que este, organizará estratégias de ensino (situações-problema), que possibilitem as filiações e rupturas necessárias para a aprendizagem de conceitos em determinado campo conceitual. Todo este processo é complexo, (VERGNAUD, 1993), portanto deve-se considerar o tempo longo para que ocorra a aprendizagem significativa. Segundo Grossi (2006), aprender é formular hipóteses. Neste processo de questionamentos, hipóteses, verificações, erros e em longo prazo, acertos, o aluno percebe-se aprendendo a aprender.

2. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

Foram elaboradas e aplicadas pelo professor regente das turmas, situações-problema potencialmente significativas, em situações de ensino teóricas (resolvidas individualmente) e práticas (experimentais, resolvidas em dupla), como indica o quadro abaixo:

1. Identificação da estrutura conceitual dos conhecimentos prévios (situação-problema 1 e 2).
2. Interação de hipóteses produzidas a partir da reflexão dos conhecimentos prévios com os resultados obtidos na aula experimental (situação-problema 3).
3. Interação destes conhecimentos com os novos conhecimentos que se quer ensinar (situação-problema 4, 5 e 6).

Neste trabalho, estas estruturas conceituais (invariantes operatórios), referem-se à aprendizagem do campo conceitual da fotossíntese: serão discutidas as estruturas conceituais dos conhecimentos das hipóteses formuladas antes e depois da obtenção dos resultados na aula experimental, isto é, os novos conhecimentos produzidos a partir da reflexão e interação entre os conhecimentos prévios e a matéria de ensino (campo conceitual da fotossíntese), intermediados e refletidos com os resultados da aula

experimental. Na análise destes conhecimentos, faz-se referência ao conceito de fermentação, constituinte deste campo conceitual e já desenvolvido na sala de aula.

É enfatizado o debate (FREIRE, 2000), para tornar os conhecimentos implícitos em explícitos, negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (GROSSI, 2006) nas apresentações dos conhecimentos de ensino (introduzidos após as situações 1 e 2, para a identificação dos conhecimentos prévios), e na apresentação das situações-problema. Não é apresentado para os alunos, o conhecimento (conceito) “pronto” (formalismo do ensino tradicional), mas sim situações-problema. Ao resolver estas situações, os estudantes irão construir os significados dos conceitos.

A seguir, são descritas as situações-problema avaliativas teóricas (1 e 2), resolvidas individualmente, e as situações-problema experimentais (3, 4, 5 e 6), tencionando a interação dos conhecimentos prévios, com os resultados experimentais e com os novos conceitos:

(Situação-problema 1 e 2) - A identificação da estrutura conceitual dos conhecimentos prévios:

1. Como a célula heterotrófica (fermentativa) obtém energia para sobreviver no ambiente da Terra primitiva?
2. Como esta célula fermentativa sobreviverá em um ambiente com poucas moléculas orgânicas, isto é, não poderá mais depender de moléculas orgânicas (m.o.) do ambiente para obter a energia (que provocou sua evolução)?

(Situação-problema 3) - Para a interação das hipóteses, produzidas a partir da reflexão dos conhecimentos prévios, com os resultados obtidos na aula experimental:

3. Observando os resultados do experimento (copo de becker com água + planta *elodea sp* + fonte de luz), relacione estes resultados com a explicação: Como estes seres vivos obtém alimento (com energia) para sobreviver.

(Situação-problema 4, 5 e 6) - Para a interação destes conhecimentos produzidos, com os novos conhecimentos que se quer ensinar:

4. Explique utilizando a fórmula química da fotossíntese, qual a relação do bicarbonato de sódio com a produção do gás (DÊ O NOME) que é liberado (em forma de bolhas) na água?
5. O que aconteceria com a produção deste gás se o recipiente com água + *elodea sp* fosse colocado no escuro?
6. Por que antes de colocar o bicarbonato, o gás oxigênio que existe na água, não era visto em forma de bolhas? Explique relacionando com a fórmula química da fotossíntese.

São descritos a seguir os itens, “Material e Método”, e “Resultados” do protocolo da aula experimental:

Material e Método:

- 1 copo de becker / - bicarbonato de sódio (NaHCO_3) / 1 ramo de *elodea sp* (planta aquática do grupo das angiospermas, que apresentam flores desenvolvidas).

- a) Coloque o ramo da *elodea sp* no copo e o posicione em um lugar com luminosidade abundante.
- b) Espere alguns minutos.

Resultados:

- a) Anote o que ocorreu.

Para responder as situações-problema, foram produzidos possíveis invariantes operatórios que serão transcritos a seguir. Estes invariantes (conhecimentos em ação), contribuem para identificar quão distantes, estes invariantes estão dos conceitos coerentes com os científicos e com isto, fornecer informações das estruturas conceituais, identificadas nestes invariantes, para serem utilizados na reformulação destas situações-problemáticas.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RELATO

As respostas foram transcritas considerando o estilo original do autor.

O critério de escolha das repostas dos alunos referentes às situações-problema, foi à representatividade destas (similaridade de invariantes operatórios), no total das respostas dos estudantes. A sigla m.o. significa molécula orgânica.

a) Respostas dos alunos para a resolução das situações-problema 1 e 2:

“A célula precisa de m.o. para reagir junto com a radiação, o calor e a eletricidade e é importante para a liberação de energia que estava acumulada no interior da célula.”; “Sem a m.o. não haverá liberação de energia nem evolução da célula fermentativa.”

O conceito de “reação” é utilizado adequadamente ao sugerir a quebra de alguma molécula (o aluno não especifica qual) para liberar energia dentro da célula. Porém apresenta inadequações científicas. A ideia das reações químicas entre m.o., radiação, calor e eletricidade, no interior da célula para liberar energia é inviável biologicamente. Os três últimos itens por serem fontes de intensa e incontrolável energia na situação ambiental proposta, desestabilizam a célula e as m.o., causando destruição em curto ou longo prazo. A resposta apresenta adequações e inadequações científicas. É respondida a situação-problema 1 mas não a 2.

Possíveis invariantes operatórios:

- | |
|---|
| 1. A liberação de energia dentro da célula ocorre através da reação de m.o. radiação, calor e eletricidade. |
| 2. A m.o. é importante para a liberação (de energia, provavelmente) e evolução da célula fermentativa. |

“As células se alimentaram das m.o. para obter energia mas as m.o. acabaram por que elas comeram todas. “As bactérias começaram a comer as células já que não tinham mais m.o., já que as células produziam a sua própria m.o. e elas (as bactérias) precisavam disso.”

O aluno não compreendeu que a solução da situação proposta elaborada por ele “As bactérias começaram a comer as células... já que as células produziam a sua própria m.o. e as bactérias precisavam disso.” contém a explicação correta para a situação proposta: a escassez de m.o. no ambiente para ser utilizada como alimento. A resposta é adequada cientificamente, responde a situação-problema 1 e deixa dúvidas se responde a situação-problema 2.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. As células se alimentaram de m.o. para obter energia provocando a sua extinção. |
| 2. As bactérias começaram a comer as células que produziam a sua própria m.o., já que não existia mais m.o. no ambiente. |

“... as m.o. foram acabando e a célula teve que evoluir.” “A célula para sobreviver passou a produzir sua própria glicose, essa glicose era quebrada pelo ATP e produzia energia para a célula.”

Alguns conhecimentos que o aluno utiliza para explicar a solução metabólica da situação ambiental promotora de células fotossintéticas são retiradas de conhecimentos elaborados nas situações referentes aos conceitos de enzima e fermentação, como por exemplo “quebra da glicose pelo ATP (enzima) liberando energia para a célula.”. A célula autotrófica originada pressupõe a utilização do modelo de célula fermentativa, pois utiliza alguns aspectos do processo de fermentação, como

por exemplo, a quebra da glicose pelo ATP para liberar energia. O aluno descreve a evolução da célula autotrófica em função da escassez de m.o. do meio. A resposta é adequada cientificamente e responde às situações-problema propostas.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A célula teve que evoluir por que as m.o. foram extintas. |
| 2. A célula para sobreviver passou a produzir a sua glicose. |
| 3. A glicose era quebrada pelo ATP para liberar energia. |

b) Respostas dos alunos para a resolução da situação-problema 3:

“Clorofila: ativada por luz, desencadeia todo o processo da Fotossíntese.”

A resposta não está relacionada à situação-problema, pois não foram produzidos invariantes que respondam à questão de obtenção de energia. Tampouco foram produzidos invariantes que relacionem esta explicação com os resultados da experiência. A resposta não é adequada cientificamente, pois não está de acordo com a situação-problema proposta, não indica compreensão em uma aprendizagem significativa.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A clorofila é ativada por luz. |
| 2. A clorofila desencadeia todo o processo da fotossíntese.” |

Resposta para a resolução da situação-problema 4:

“O bicarbonato é como o gás que faz com que dê bolhas e cresça.”

Não estão explicitados os invariantes que indiquem relação entre a fórmula química da fotossíntese e o bicarbonato. Tampouco invariantes que indiquem a importância do bicarbonato para a produção de oxigênio. Não foram produzidos invariantes com estrutura conceitual que se relacionassem com a situação-problema 4, indicando incompreensão do problema proposto, isto é, uma aprendizagem mecânica, como relata Moreira (2002), distinguindo esta aprendizagem da significativa. Ocorreu uma “fixação” no fenômeno observado, sem relação com os conhecimentos prévios ou novos. Os invariantes são inadequados cientificamente.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. O bicarbonato é parecido com um gás. |
| 2. O bicarbonato produz cada vez mais bolhas. |

Resposta para a resolução da situação-problema 5:

“Não teria fotossíntese, para a fotossíntese acontecer é preciso luz, pois sem luz não ocorreria nada.”

Não existe produção de invariantes que mostrem relação com os elementos conceituais dos resultados do experimento, pois não há menção da formação de bolhas (que é indicativo da ocorrência da fotossíntese). Ocorre uma dificuldade de explicitar invariantes que promovam o significado da fotossíntese, talvez pela inadequação das situações-problema propostas. Existe uma tentativa de se reportar a um conhecimento prévio, que já faz parte do senso comum “... para a fotossíntese acontecer é preciso luz.”

Mas como não ocorreu à apropriação do significado do conceito de fotossíntese, a resposta não soluciona a situação-problema. Os invariantes não produziram uma aprendizagem significativa, pois não ocorreu compreensão com relação à situação-problema. Portanto, são inadequados cientificamente, pois é a situação que lhe dá sentido.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. Não ocorreria a fotossíntese. |
| 2. Para a fotossíntese ocorrer é preciso de luz. |
| 3. Sem luz não ocorre nada. |

Resposta para a resolução da situação-problema 6:

“Liberava pouco oxigênio e com o bicarbonato acelerou o processo.”

O invariante produzido não indica a conceituação da fotossíntese, pois se limita apenas a descrever o fenômeno observado (produção de bolhas de gás O₂). Não existe a ocorrência de invariantes que relacionem este fenômeno observado com os novos conhecimentos (a compreensão do processo da fotossíntese relacionado à situação-problema). Os invariantes não são indicativos de uma aprendizagem significativa, pois não mostram compreensão em relação à situação proposta.

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. O bicarbonato acelerou o processo da (conhecimento implícito) fotossíntese. |
|--|

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando uma classe de problemas é resolvida pelo estudante, o caráter problemático dessa classe específica desaparece, pois ele desenvolveu um esquema eficiente para lidar com todos os problemas desta classe (MOREIRA, 2002). Ao mesmo tempo é um processo cíclico, pois ele também será capaz de reconhecer novos problemas (VERGNAUD, 1994). Observou-se, neste trabalho, que principalmente nas situações-problemas teóricas, referentes aos conhecimentos prévios, ocorreu uma resolução adequada. Ao mesmo tempo, parece não ter ocorrido à formação de um esquema mental para o conceito de fotossíntese, pois as situações-problema experimentais não foram resolvidas. Vergnaud (1994) afirma que o domínio de situações prévias é importante para o domínio de situações novas. Mas então, por que não ocorreu a resolução das situações-problema práticas? Provavelmente porque estas situações não eram significativas, pois não faziam referência aos elementos conceituais relevantes das estruturas cognitivas dos alunos. Segundo Ausubel et al. (1980), o conhecimento prévio é o elemento cognitivo mais importante e determinante para a aprendizagem.

Foi identificada dificuldade de relacionar a estrutura conceitual das concepções prévias com os novos conhecimentos, intermediados pela situação-problema da atividade experimental, pois este invariante, não faz menção com a situação experimental, indicando talvez, seu “acionamento” na estrutura cognitiva do aprendiz, pela memorização do conceito “pronto”, promovido em situações anteriores, como indica o invariante a seguir:

Clorofila: ativada por luz, desencadeia todo o processo da fotossíntese.

E dificuldade de relacionar a estrutura conceitual dos novos conhecimentos com as situações-problema, relacionadas à atividade experimental:

O bicarbonato é como o gás que faz com que dê bolhas e

cresça.

Estas dificuldades podem ser explicadas pela inadequação das situações-problema propostas²⁶ e pela experiência dos estudantes de ensino tradicional²⁷, que desenvolve uma aprendizagem baseada na memorização de conceitos “prontos”, que não se encontram relacionados com problemas e hipóteses, relacionadas a estes problemas. O aluno está familiarizado a memorizar conceitos que não fazem sentido para ele, mas que podem ser úteis para resolver uma prova final.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. Paz e Terra: São Paulo, 2000.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações**. Textos. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n.1, p.7-29, 2002.

²⁶ Situações-problema que não apresentam em sua estrutura conceitual, conhecimentos prévios relacionados aos novos conceitos de ensino. Desta forma, o aluno, ao resolver a situação, não reelabora o seu conceito prévio, tornando-o mais complexo e abstrato.

²⁷ É uma aprendizagem fundamentada principalmente na memorização de conceitos ou na repetição de conhecimentos do senso comum. De qualquer forma, na análise a partir da teoria de Vergnaud, não ocorre a construção de significados/conceitos a partir da compreensão significativa das situações-problema.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) **Anais, I Seminário Internacional de Educação Matemática**, p. 1-26. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática, UFRJ, 1993.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. and CONFREY, J. (Org.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v.17, n.2, p.167-181, 1998.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, v. 4. 1994.

**58 CONCEITUANDO CÉLULA ATRAVÉS DA APRENDIZAGEM DA
ENZIMA: UMA PROPOSTA METODOLOGICA PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO NA PERSPECTIVA DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

*THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS AND LEARNING THE CELL THROUGH
THE CONCEPT OF ENZYME IN HIGH SCHOOL STUDENTS*

Karen Cavalcanti Tauceda²⁸

José Cláudio Del Pino²⁹

RESUMO

Este artigo traz algumas reflexões sobre a aprendizagem da célula na análise da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Identifica dificuldades na elaboração deste conceito a partir de conceitos que compõem a trama conceitual da célula: a enzima. Propõe situações problema e situações de ensino facilitadoras para a aprendizagem significativa deste campo conceitual. Foram estudadas duas turmas de alunos com metodologias de ensino diferentes. Em uma turma foi desenvolvida aulas tradicionais e em outra, a metodologia relacionada aos campos conceituais. Percebeu-se uma melhor aprendizagem dos conceitos científicos na turma diferenciada, e analisando os resultados em ambas as turmas, identificou-se a necessidade de estudar os conhecimentos a partir de suas estruturas conceituais.

Palavras-chave: Campos conceituais; Célula; Enzima; Aprendizagem significativa.

²⁸ Mestre em Biologia Animal – UFRGS. Mestre em Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktaucedaterra.com.br.

²⁹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

Abstract

This article presents some reflections on the learning of the cell in the analysis of the Theory of Conceptual Fields of Gerard Vergnaud. Identifies the difficulties in drafting this concept based on concepts that make up the fabric for conceptual frame of the cell: the enzyme. Proposes problem situations and teaching situations facilitators for the meaningful learning of this conceptual field. We studied two groups of students with teaching methodologies different. In a class was developed traditional class and in another, the methodology related to conceptual fields. It was noticed that better learning of scientific concepts in class differentiated, and analyzing the results in both classes, we identified the need to study the knowledge from their conceptual structures.

Keyword: Conceptual fields; Cell; Enzyme; Meaningful learning.

INTRODUÇÃO

A célula é um conceito chave na compreensão e organização dos conhecimentos biológicos. Os problemas de conceituação relativos à sua estrutura e funcionamento dificultam a compreensão do mundo vivo; embora exista concretamente, na mente dos alunos, é construída uma representação intrincada e abstrata. Muitos estudos têm discutido esta situação (PALMERO e MOREIRA, 1999). Estas pesquisas revelam, por exemplo, que muitos estudantes apresentam uma ideia indefinida sobre a célula. Confundem este conceito com o do átomo, molécula e tecido (CABALLER e GIMÉNEZ, 1993; GIORDAN e VECCHI, 1996). A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud (1982, 1990), discute justamente os problemas relacionados à conceituação do real. Este autor afirma que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo do tempo, através da experiência, maturidade e aprendizagem.

O campo conceitual da célula, por ser amplo e complexo e o conceito de enzima, por estar relacionado a este campo, são conhecimentos propícios para o estudo das dificuldades de aprendizagem a partir deste referencial. Segundo Pedrancini et. al. (2007), a amplitude e heterogeneidade do conceito da célula, relacionado à metodologia do ensino tradicional promove a fragmentação dos conteúdos, dificultando a aprendizagem de sua estrutura e fisiologia, características básicas dos seres vivos.

Sangiogo e Zanon (2012) relataram as dificuldades na compreensão da estrutura e do modo de ação das enzimas, em um estudo realizado com professores, graduandos e pós-graduandos de química e biologia.

Um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas (VERGNAUD, 1990, 1993) entrelaçados durante o processo de aquisição (MOREIRA, 2002). É, sobretudo, um campo de situações problema, e serão estas situações que darão sentido aos conceitos. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolver estas situações ele conceitua (KREY e MOREIRA, 2009). Para Vergnaud (1996), a conceituação é o núcleo de todo o processo de desenvolvimento cognitivo. Este autor (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que darão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios (conceito-em-ação e teoremas-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos. Um esquema é um plano de ação, uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente.

Segundo Moreira (2002), o conhecimento é principalmente implícito e o estudante tem dificuldades em explicá-lo, mas isso não significa que tal conhecimento não possa ser explicitado. Através do processo de explicitação do conhecimento implícito que os teoremas e conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos; isto pode levar muito tempo (Vergnaud, 1993). O conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado, mas uma proposição tida como verdadeira totalmente implícita, não. O professor deverá mediar à explicitação dos conhecimentos implícitos para o desenvolvimento da linguagem científica. Segundo Vergnaud (1983, 1990) trata-se de uma teoria psicológica do processo de conceituação, que permite estudar continuidades e rupturas do conhecimento do ponto de vista conceitual na resolução de situações problemáticas. E o professor tem um papel fundamental, tanto na elaboração destas situações, que efetivamente sejam significativas para o aluno para promover os novos conceitos, como na organização de estratégias de

ensino que estimulem o debate entre os estudantes, isto é, a explicitação dos conhecimentos.

A TCC de Vergnaud é uma teoria cognitiva que apresenta relações com a teoria de aprendizagem de Ausubel. Ambas mencionam a importância dos conhecimentos prévios dos alunos (geralmente implícitos), e as situações problemáticas que explicitarão estes conhecimentos; ao resolver estas situações o aluno conceitua, isto é, desenvolve-se cognitivamente (MOREIRA, 2002). As situações-problema devem ser potencialmente significativas, pois o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar, estabilizar, enriquecer (em termos de significados) seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (AUSUBEL, 2003; Vergnaud, 2005). Portanto, a aprendizagem significativa de Ausubel sob o enfoque de progressividade e complexidade, é a produção de conceitos a partir da interação dos novos conhecimentos (as situações) com os conhecimentos prévios, tornando-os estes mais elaborados (MOREIRA, 2007). Esta interação promoverá a resolução das situações-problema, isto é, a conceituação.

A aprendizagem da célula apresenta características muito mais funcionais do que estruturais. Desta forma, o conhecimento relativo ao conceito de enzima forma um “arcabouço” cognitivo importante; é a enzima que irá promover todas as reações bioquímicas nos seres vivos, desde as reações envolvidas com o metabolismo celular até as que compõem os processos de reprodução. A generalização deste conceito, em situações da vida celular, formará um esquema fundamental na aplicação e resolução de diferentes problemas relacionados à aprendizagem da fisiologia celular e consequentemente, do campo conceitual da célula.

Este artigo discute a aprendizagem do campo conceitual de célula através das dificuldades da conceituação de enzima. Será avaliado o potencial desta teoria para identificar estas dificuldades e para orientar estratégias de ensino que considerem a estrutura dos conhecimentos produzidos na elaboração de novos conhecimentos.

METODOLOGIA

Este estudo foi realizado nos meses de agosto a setembro de 2012, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul e os

resultados foram comparados com as aulas do ano de 2010, quando ocorreram sem a aplicação da Teoria dos Campos Conceituais (TCC). Neste ano foram produzidos conhecimentos pelos alunos, em resposta a tarefas de ensino, por exemplo, provas e testes. Esta turma foi utilizada como exemplo de uma turma sem a aplicação da metodologia dos campos conceituais (tradicional). Esta metodologia começou a ser utilizada a partir de 2012, porque a partir deste ano, iniciou-se uma pesquisa sobre “A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) e a aprendizagem em biologia no ensino médio”, nas turmas de 1º de regência da autora. Foram escolhidas então, duas turmas para a avaliação da aprendizagem: uma turma (T1), cujo ano letivo desenvolveu-se em 2010 e, portanto, sem aplicação da TCC e outra turma (T2), cujo ano letivo desenvolveu-se em 2012 com a aplicação da TCC (adaptado de Krey e Moreira, 2009). A escolha das turmas priorizou aquelas com a maior média de frequência apresentada durante o ano, em uma amostra de seis turmas. As turmas apresentavam 25 alunos aproximadamente, na faixa etária entre 14 a 18 anos. Foram utilizados dois períodos de 50 minutos por semana, totalizando em torno de 27 horas-aula. O período longo dispensado para o estudo deste campo conceitual e a valorização da frequência do estudante na sala de aula, foram justificadas por Vergnaud (1990), pois segundo este autor, a aprendizagem pode demandar muito tempo e nem sempre coincide com o período de ensino.

O estudo refere-se à aprendizagem de um dos conceitos relativos ao campo conceitual da célula, o conceito de enzima, em turmas de biologia do 1º ano no ensino médio. As reflexões que surgem neste estudo, a partir da análise das respostas dos alunos (possíveis invariantes operatórios), às situações-problema avaliativas, fornecem indícios para a reformulação destas situações, com o objetivo de conceituar a célula a partir do conceito de enzima, em uma aprendizagem significativa. Também é verificada a construção cognitiva desta aprendizagem, isto é, as continuidades e rupturas dos conceitos, na resolução das situações-problema.

As situações de resolução de problemas são fundamentais para a conceituação, pois são as situações que dão sentido aos conceitos. Para Vergnaud, um problema pode ser teórico (propõe a enunciação dos objetos de pensamento, suas propriedades, relações e modificações), ou prático (promove as formas de pensamento que signifiquem a atuação na situação). Mas, independentemente de ser teórico ou prático, um problema é aquela situação em que o indivíduo apresenta conceitos prévios que darão significado ao problema (VERGNAUD,1994). Já o conceito de situação empregado por Vergnaud

(1990, 1993) não é o de situação didática, mas sim o de “tarefa de pensamento”, isto é, os processos cognitivos e as respostas do sujeito para a resolução das situações com as quais ele é confrontado.

As situações-problemas teóricas propostas neste trabalho, são de dois tipos:

1. Situações-problema na forma de discussões para o desenvolvimento dos conteúdos de ensino.
2. Situações-problema avaliativas, que são as tarefas propostas para ambas as turmas. Portanto, em T2 as situações avaliativas forma intercalados pelas situações em forma de discussões (situações para a introdução de conceitos).

As situações teóricas são problemas que ao resolvê-los, o aluno deverá demonstrar compreensão dos conceitos, explicando-os, aplicando-os, fazendo previsões, e não propondo respostas que demonstrem simples memorização (Vosniadou, 1994). As discussões (no pequeno e grande grupo) e as tarefas (realizadas individualmente) tem o objetivo de promover a explicitação os conceitos subsunçores (conhecimentos prévios) e “tensionar” os alunos para relacioná-los com os novos conhecimentos (conceitos que se quer ensinar). Nesta interação ocorrerá a reformulação e a resignificação dos conceitos indicando uma aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2005), as situações, cada vez mais complexas, irão promover a aprendizagem no campo conceitual, pois os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam.

Além do referencial de Vosniadou para a elaboração de situações, cujas respostas dos alunos indiquem compreensão e não simples memorização (por exemplo, situações que enfatizem a relação da enzima com a funcionalidade na célula), também foi utilizada a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) para direcionar a formulação das situações teóricas (discussões e tarefas), pois estas procuraram enfatizar o conhecimento em ação, isto é, esquemas indicativos de operações intelectuais. Ao identificarmos o conhecimento em ação (o conceito em situação), analisamos a estrutura do conceito produzido e a estrutura da situação a ele relacionada. Através da percepção das continuidades e rupturas que devem ser promovidas neste conceito, elaboramos novas

situações, introduzindo os novos conhecimentos nestas situações. A teoria de Ausubel, neste ponto, também é considerada, pois utilizamos a ideia de conceitos subsunçores, como base estrutural cognitiva para elaborar as novas situações problemáticas chamadas de organizadoras prévias.

Nas situações teóricas das discussões, ocorre a negociação de significados entre aluno/aluno e aluno/professor, através da linguagem, pois os conceitos não são apresentados “acabados”. O aluno é direcionado a resolver as situações problemáticas através da reflexão de suas estruturas cognitivas prévias com o “inacabado” conceitual proposto (os novos conceitos das situações). É fundamental desenvolver problemas potencialmente significativos, que gere no aluno uma “necessidade cognitiva” do conceito trabalhado. Estas situações só terão sentido a partir da aplicabilidade do conceito que se quer ensinar, isto é, através da interação dos conhecimentos prévios com o novo conhecimento (conceituação), em um processo de ressignificação conceitual.

Portanto, as situações teóricas são constituídas de:

- | |
|---|
| <p>a) Situação para introdução de conceitos: promover as conceituações, ao longo das atividades de ensino através da ressignificação das concepções prévias (discussões no pequeno e grande grupo). Não serão descritas neste trabalho, por ser muito dinâmicas e variáveis.</p> |
| <p>b) Situação-problema 1, 2 e 3 (avaliação): produção de um texto individual, cujo objetivo é a identificação dos conhecimentos prévios e do desenvolvimento conceitual, através da identificação de continuidades e rupturas dos conceitos produzidos pelos alunos.</p> |

As situações-problema (1, 2 e 3) devem promover a explicação e aplicação dos conceitos envolvidos e suas relações.

É importante enfatizar que o objetivo das situações (potencialmente significativas) é favorecer a aprendizagem significativa do aluno e a conceituação (isto é, a resolução do problema) (KREY e MOREIRA 2009; AUSUBEL et al.1980) e testar seus modelos explicativos em diferentes contextos e situações (formação de esquemas)

(VERGNAUD, 2004), indicando compreensão e não simples memorização (Vosniadou, 1994).

Os possíveis invariantes operatórios (conceitos) foram considerados adequados cientificamente quando eles não se contradiziam (a maioria), eram coerentes com os conteúdos de ensino e relacionavam-se à situação-problema. Muitas vezes o aluno utilizava corretamente os conceitos trabalhados em aula, mas os invariantes não se aplicavam à situação-problema. Neste caso, o aluno indica memorização dos conteúdos de ensino sem compreendê-los de maneira significativa. Portanto podem ocorrer dois tipos de conceitos:

- | |
|--|
| 1. Conceitos Cientificamente Adequados (CCA) – coerentes com os conhecimentos escolares |
| 2. Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI) – incoerentes com os conhecimentos escolares |

Portanto, em ambos os casos, ocorrerá produção de conceitos, pois o aluno produzirá invariantes operatórios para resolver um problema. Mas, somente os conceitos cientificamente adequados promoverão uma aprendizagem significativa, pois na perspectiva destes referenciais (Ausubel e Vergnaud), o desenvolvimento cognitivo ocorre através da interação das concepções prévias com os novos conhecimentos mobilizados pela resolução de situações-problema significativas. Conceitos cientificamente adequados não significam aqueles conceitos que o aluno encontra nos materiais de ensino fornecidos pelo professor, mas aqueles conceitos ressignificados pelo estudante, uma interpretação dos conceitos científicos à luz de seus conhecimentos prévios.

(T1): turma Sem Teoria dos Campos Conceituais (STCC)

Não há situações-problema na apresentação dos conteúdos, reduzindo o debate aluno-aluno e a mediação aluno-professor. Na situação teórica de introdução dos conceitos, a metodologia constará de uma apresentação destes, relacionados aos

conteúdos que se quer ensinar. Os conceitos não serão inseridos em situações-problema. A aula é caracterizada como expositiva, narrativa. Segundo Moreira (2011, p. 2):

“... o professor ensina, básica e fundamentalmente falando, dizendo aos estudantes o que se supõe que devam saber”.

As situações-problema avaliativas foram basicamente as mesmas desenvolvidas em T1 e em T2. Mas em T2, estas situações foram um pouco modificadas em função dos resultados da conceituação no processo da aprendizagem. São estas situações que serão descritas. A diferença nas metodologias então, é a mediação do professor e o aspecto conceitual da apresentação dos conteúdos, isto é, sem a apresentação de situações problema como introdutórias dos conceitos. Estes são apresentados “prontos”, pois a definição de conceito na pedagogia tradicional não é a de Vergnaud (o conceito como resultado de uma situação problemática que o aluno solucionou). São poucas intervenções e questionamentos na apresentação dos conteúdos assim como na apresentação de situações-problema avaliativas. Esta metodologia não enfatiza a organização de momentos em que sejam oportunizados mediações e debates entre aluno-aluno/aluno-professor. Isto porque não há a preocupação de identificar os conhecimentos prévios, por meio de discussões ou tarefas escritas. Se conhecimentos prévios são explicitados, estes não são utilizados para a reformulação das situações-problema avaliativas, como ocorreu em T2.

Em T1 e T2 são produzidos possíveis invariantes operatórios que foram listados para identificar quão distantes estão dos conceitos científicos e, em T2, quais reformulações nas situações-problema são necessárias para desenvolver invariantes mais próximos daqueles científicos.

(T2): turma da Teoria dos Campos Conceituais (TCC)

Este ensino é baseado em situações-problema potencialmente significativas teóricas (adaptado de Krey e Moreira, 2009), tanto na introdução dos conhecimentos de ensino (conteúdos), como nas situações-problema para avaliação de aprendizagem, na produção textos individuais.

A introdução dos conteúdos e as avaliações desenvolvidas através de situações-problema permitem diagnosticar conhecimentos prévios dos estudantes, que serão explicitados nos momentos da discussão no grupo e na produção dos textos individuais. Segundo Grings et al. (2006), esta explicitação de conhecimentos na resolução de situações problemáticas, promovem a compreensão das relações de filiações e rupturas entre os conceitos prévios e novos.

A situação-problema avaliativa 1, identifica as concepções prévias, e as situações-problema avaliativas 2 e 3, enfoca o desenvolvimento da aprendizagem, as continuidades e rupturas dos possíveis invariantes operatórios produzidos na resolução destas situações. O registro escrito dos conhecimentos produzidos na resolução das situações problemáticas é importante para o diagnóstico da aprendizagem e possíveis redirecionamentos, tanto das situações de apresentação de conteúdo (que não foram registradas) como das situações avaliativas. O significado de “situação-problema” nesta pesquisa não é a mesma daquela dos exercícios de fim de capítulos dos livros texto. É uma situação gerativa, produtiva, isto é, o aluno a percebe como um problema e para resolvê-lo, dá sentido aos conceitos necessários para solucioná-lo; neste processo, indica compreensão (VOSNIADOU e BREWER, 1992; VOSNIADOU, 1994). As situações devem ser potencialmente significativas, ou seja, o estudante deve possuir conceitos subsunçores na sua estrutura mental que gerem no aluno uma “necessidade cognitiva” do conceito trabalhado, de forma que a situação proposta ganhe sentido somente através da introdução do conceito que se deseja abordar (AUSUBEL, 2003, VERGNAUD, 2005). Para que ocorra a aprendizagem significativa, considera-se a estrutura conceitual que se quer ensinar (invariantes operatórios) para a elaboração de situações-problema, a estrutura cognitiva do aluno (invariantes operatórios das concepções prévias), o desenvolvimento cognitivo (filiações/rupturas) frente às situações-problema, e o tempo longo para ocorrer à aprendizagem.

As interações aluno-aluno/aluno-professor ocorridas nas discussões da apresentação dos conteúdos, e nas discussões da apresentação das situações-problema avaliativas, considera o desenvolvimento cognitivo na abordagem da TCC, pois é enfatizado o debate (tornar os conhecimentos implícitos em explícitos), negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (GROSSI, 2006) para que ocorram as continuidades e rupturas nos conhecimentos.

RESULTADOS

Foram as seguintes situações-problema (avaliativas):

(Situação-problema 1) Explicar como os coacervados (futuras células) obtém energia para sobreviver, e qual é a origem desta energia?

Nesta etapa do ensino, os alunos já haviam discutido questões relativas à evolução (a partir das moléculas inorgânicas) e estrutura das moléculas orgânicas, evolução e estrutura dos coacervados a partir das moléculas orgânicas, contexto ambiental onde ocorreram estes eventos, relação das moléculas orgânicas com o organismo, a necessidade do ser vivo para obter energia, a evolução de uma molécula orgânica funcional (proteína/enzima) para intermediar a liberação de energia das moléculas orgânicas (m.o.) para a célula. Os alunos teriam que relacionar os seus conhecimentos prévios em relação aos átomos, moléculas orgânicas, vida, células, e ambientes da Terra primitiva.

Nesta questão, o objetivo foi identificar o conhecimento do aluno em relação às interações do coacervado (célula primitiva) com o meio ambiente. Também, procurou-se investigar os conhecimentos sobre a estrutura molecular das substâncias, formação das moléculas orgânicas e seu potencial para fornecer energia para as células (pois haviam se formado a partir da reorganização das moléculas dos gases da atmosfera primitiva sob a ação do calor, eletricidade atmosférica e radiação). Na turma com ensino diferenciado (T2), 64% forneceram respostas adequadas cientificamente e 36% deram respostas inadequadas cientificamente. Foram identificadas 57% de respostas inadequadas cientificamente e 43% adequadas cientificamente na turma de ensino tradicional (T1). O invariante “A quebra das m.o. libera energia”. Menos frequente foi o invariante “A quebra da m.o. libera a enzima.” Com relação ao aprimoramento das situações de apresentação dos conceitos, foi identificada a necessidade de um maior debate em relação à estrutura atômica e molecular da matéria. Já na adequação da situação-problema para promoção da aprendizagem significativa, foi identificada a necessidade de contextualizar a situação-problema que estava sendo proposta.

(Situação-problema 2) Nos mares, rios, lagos de \pm 3,5 bilhões de anos atrás, os organismos primitivos unicelulares (bactérias) obtinham energia para sobreviver através das moléculas orgânicas (proteínas, glicose, lipídios) que se encontram no seu ambiente. Como ocorre este processo?

Neste momento, os alunos já haviam debatido sobre o contexto ambiental (ambientes aquáticos repletos de moléculas orgânicas) onde se encontravam as células primitivas, os fenômenos físicos (difusão) e químico (ionização) responsáveis pela formação e evolução dos coacervados (células primitivas), a importância da difusão e da reação bioquímica para obtenção de energia (metabolismo). Os alunos teriam que relacionar todos os seus conhecimentos prévios da situação-problema 1 e conhecimentos relacionados à “reação bioquímica”.

O objetivo desta questão é identificar os conhecimentos sobre as reações bioquímicas na célula, colisão e ruptura da estrutura das moléculas orgânicas com liberação de energia para as células através da ação de enzimas (cuja função é acelerar as reações bioquímicas na célula). Em T2, foram 30% de respostas inadequadas cientificamente e 70% de respostas adequadas cientificamente. Foram identificadas 67% de respostas inadequadas cientificamente e 33% adequadas cientificamente em (T1). Os invariantes mais frequentes foram “a quebra das m.o. libera energia para as células”, porém já se encontram alguns poucos invariantes relacionados à enzima, como por exemplo, “[...] quebrando as enzimas fazendo com que a m.o. libere energia para o organismo.” “Eles obtinham energia através do processo da película protetora.” Com relação ao aprimoramento das situações para apresentação dos conceitos, foi identificada a necessidade de desenvolver maior número de diferentes situações que tensionassem a elaboração conceitual de enzima, para que o aluno perceba que a enzima não colide com as m.o., mas provoca esta colisão. Percebeu-se também uma confusão conceitual entre obtenção de energia e membrana plasmática. A reformulação destas situações, tornando-as mais contextualizadas, poderá favorecer esta aprendizagem. Em relação à situação-problema avaliativa, percebeu-se a necessidade de exemplificar melhor os conhecimentos que esta situação objetivava, por exemplo, a energia de ativação e a ação da enzima.

(Situação-problema 3) Explique o que acontece quando as moléculas orgânicas e coacervados interagem em uma reação bioquímica. Explicar e relacionar a energia de ativação (enzima) com a energia liberada.

Os alunos já haviam discutido sobre os tipos de energia prejudiciais para a estabilidade das moléculas orgânicas e dos seres vivos pela sua instabilidade e descontrolo (radiação, calor, eletricidade), e as diferenças entre reações químicas e bioquímicas. As primeiras necessitam da adição de calor no sistema para acelerar as colisões entre as moléculas, e nas últimas, uma molécula orgânica é inserida no sistema para provocar estas colisões, sem aumento de temperatura e sem ser consumida no final da reação. A inserção da enzima no sistema celular (para fornecer a energia de ativação), provoca a colisão entre as moléculas orgânicas e a célula primitiva, ocasionando a ruptura molecular das moléculas orgânicas e liberação de energia para a célula primitiva para executar suas funções que a mantém viva (metabolismo), e, se for o caso (se as condições ambientais forem favoráveis), evoluir. Os alunos teriam que relacionar todos os seus conhecimentos prévios das situações-problema 1 e 2, e os conhecimentos relativos aos efeitos nos sistemas biológicos das diferentes fontes de energia: abióticas e bióticas. O objetivo então desta questão, é a identificação dos conhecimentos relacionados à ação da enzima (fornecer energia de ativação para as colisões das moléculas orgânicas na célula sem aumento da temperatura, que seria prejudicial para ela).

Foram identificadas em T2, 27% de respostas inadequadas cientificamente e 73% adequadas cientificamente. Em T1, 75% das respostas foram inadequadas cientificamente e 25% adequadas cientificamente. Os invariantes mais comuns foram “ocorre quebra de m.o. através da ação da enzima”, “a célula produz a enzima para utilizar sua energia”. Em relação ao aprimoramento das situações-problema de apresentação da matéria de ensino, observou-se a necessidade de diversificar as situações para que ocorra um “pensamento generalizador” em relação à ação da enzima. Este pensamento levará à conceituação da célula, visto que a enzima é fundamental para o seu funcionamento. Também é importante a compreensão em nível molecular deste processo. Na situação-problema avaliativa percebeu-se a necessidade de fornecer mais

informações sobre as diferentes situações em que a célula pode se encontrar, e ao mesmo tempo, tensionar uma elaboração cognitiva que promova um esquema mental.

Abaixo é descrito alguns possíveis invariantes operatórios das respostas dos alunos. Os critérios de escolha (referentes às situações-problema 1, 2 e 3, em T1 e T2), foi a representatividade destes (similaridade dos invariantes operatórios) no total das respostas dos estudantes, e ao mesmo tempo, a diversidade destes invariantes.

1. Turma de ensino diferenciado (T2) - Situação-problema 1:

Respostas adequadas cientificamente:

“A eletricidade rompe a estrutura molecular dos gases [...] o resultado é a formação das moléculas orgânicas (m.o.). Com a quebra das m.o. é liberada a energia para o coacervado.”
“O coacervado e os aminoácidos se juntam num mesmo ambiente (o mar) [...]. “Os coacervados obtinham energia unindo-se às moléculas orgânicas.”

O aluno relaciona os eventos para formação das m.o. e para a obtenção de energia com algumas características ambientais. Ocorre compreensão a nível molecular, da liberação de energia das m.o.

Resposta inadequada cientificamente:

“A quebra das m.o. liberam enzimas que dão energia para os coacervados.”

O aluno compreende a enzima como fonte de energia para os coacervados.

2. Turma de ensino tradicional (T1) – Situação problema 1

Respostas adequadas cientificamente:

“A partir da quebra das m.o. libera energia para os coacervados.”

A fonte de energia para o aluno é a “quebra” das m.o.

Respostas inadequadas cientificamente:

“Os coacervados obtém energia através dos raios, dos vulcões e da chuva.”

Nesta resposta, não é mencionada a m.o. que é a fonte de energia para o coacervado.

3. Turma de ensino diferenciado (T2) - Situação-problema 2

Respostas adequadas cientificamente:

“[...] algumas células se transformaram em enzimas (proteínas) catalisadoras que aceleram a colisão entre as m.o., com a colisão as m.o. se ‘quebram’ liberando energia [...] que a célula precisa para sobreviver.” “[...] energia é obtida através da quebra das ligações das m.o. [...] quebrando as enzimas fazendo com que as m.o. libere energia para os organismos unicelulares [...].”

É feita a correta relação enzimas, colisão entre as m.o. e liberação de energia. Porém, na segunda referência o invariante “quebrando a enzima” não está correto, ocorrendo uma confusão na operacionalidade do conceito “enzima”. A enzima também é uma m.o. (proteína), porém esta não se “quebra” para liberar energia.

Respostas inadequadas cientificamente:

“As bactérias tinham energia porque era muito quente e por ter também m.o. como camada protetora sobre elas, elas conseguiam viver.” “Estas bactérias sobreviviam porque tiravam seu sustento através da fermentação.”

A resposta indica a compreensão da transferência de calor como justificativa para a disponibilidade de energia para as bactérias, ao mesmo tempo o aluno explica a sobrevivência destas células como resultado da camada protetora das m.o. Há uma incoerência lógica na resposta: o calor faz sobreviver (como fonte de energia para a célula) e também faz morrer (como resultado da desorganização molecular). Na segunda referência, foi considerado inapropriado cientificamente o invariante “[...] tiravam seu sustento através da fermentação.”, porque não foi explicado o que o aluno entende do conceito “fermentação”, apesar de que este campo conceitual contém conceitos relacionados à enzima.

4. Turma de ensino tradicional (T1) - Situação-problema 2

Respostas adequadas cientificamente:

“[...] libera energia para os coacervados com a quebra das ligações das moléculas orgânicas [...]” “Os aminoácidos obtiveram energia através dos “raios”. Os aminoácidos “passavam” energia para os coacervados. ”

O aluno compreende que as moléculas orgânicas são fonte de energia para as células. Na segunda referência destaca-se o entendimento sobre o fluxo de energia: a transferência de energia dos “raios” (eletricidade atmosférica) para os aminoácidos (através sua formação como resultado da recombinação dos gases da atmosfera primitiva ocasionada por esta energia) e para os coacervados. O aluno não explica como se dá esta “passagem”.

Respostas inadequadas cientificamente:

“Eles obtinham energia de um processo da película interior e inferior.” “A quebra das m.o. ocorre com a colisão com o coacervado, essa colisão libera a enzima que dá energia para o coacervado.”

O aluno provavelmente confundiu as explicações relacionadas à obtenção de energia com aquelas relacionadas à membrana celular. É um indicativo que as situações explicativas e as avaliativas devem ser mais esclarecedoras em relação a estes dois tópicos de ensino. Na segunda referência, o primeiro possível invariante operatório está correto, porém o segundo não está. A colisão entre as m.o. não libera a enzima, mas esta colisão é provocada pela enzima.

5. Turma de ensino diferenciado (T2) - Situação-problema 3

Respostas adequadas cientificamente:

“A energia é liberada através da reação enzimática com as m.o.” “A energia de ativação provocada pela enzima faz com que a m.o. colida com a célula.” “A m.o. e a enzima colidem liberando energia”.

Na resposta é indicada compreensão em relação à funcionalidade da enzima. Porém, nas respostas daqueles que não explicaram de forma adequada cientificamente, não ocorreu nenhum invariante operatório que indicasse esta funcionalidade.

Respostas inadequadas cientificamente:

“A célula, a enzima e a m.o. estavam separadas com a evolução”. “As células utilizam as m.o. que foram formadas por causa da ação do calor, radiação e eletricidade”.

Não há indicativo de compreensão da relação entre célula, enzima, e m.o. Na segunda referência os invariantes não se relacionam com a situação proposta.

6. Turma de ensino tradicional (T1) – Situação-problema 3

Resposta adequada cientificamente:

“A célula formou a enzima que fez com que ela retirasse a energia da m.o.”

Ocorre uma tênue compreensão da função da enzima ao relacioná-la com energia e m.o., porém não é explicado como é a forma de participação neste sistema.

Respostas inadequadas cientificamente:

“O coacervado abrange a energia da m.o. e com isso quebrou.”

O aluno entende que a quebra da m.o. é resultado da absorção dela. Não compreende os eventos bioquímicos da enzima com m.o.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os professores, de modo geral, concluem seus cursos de licenciatura e ingressam na carreira de magistério “desejando” desenvolver nas suas aulas, uma metodologia diferenciada, em que o aluno “construa o seu conhecimento”, cujo resultado final é a aprendizagem. Mas, infelizmente o que se percebe é que o professor, bem intencionado, frequentemente não consegue diferenciar a sua prática daquela dita por transmissão ou tradicional. Legey et al. (2012), ao investigar os conhecimentos relativos à biologia celular de alunos recém ingressantes de uma Universidade Pública Estadual, constataram que a maioria destes estudantes não compreendiam a célula como uma unidade morfofisiológica dos seres vivos e não conseguiam definir termos mais complexos da biologia celular. Concomitantemente a estes resultados, a metodologia das aulas que estes alunos vivenciaram foi de ausência de aulas práticas, e conseqüentemente de microscópio, o livro didático como ferramenta principal da aula. Estes autores concluíram que estes alunos não apresentam conhecimentos prévios adequados de biologia celular e que o ensino tradicional persiste na maioria das escolas de ensino médio.

Desta forma, quando comparamos os resultados da aprendizagem de uma turma tradicional com outra diferenciada, o resultado esperado é que a metodologia baseada no debate coletivo de situações-problema, evidenciarium uma melhor aprendizagem. É o que ocorreu. Parece óbvio esta resposta e desnecessária a comparação. Mas o que queremos com este estudo é justamente problematizar o ensino tradicional colocando-o em uma situação de “estudo no momento em que está ocorrendo este ensino”. E isto é mais fácil de realizar, quando o ensino tradicional está “frente à frente” com um ensino que propõe e tem na sua prática, o processo da conceituação, e não o conceito já “pronto”, como é o caso da metodologia da TCC. Colocando-os “frente à frente”, ficam mais nítidas as suas diferenças e quais direcionamentos metodológicos podemos realizar.

A Teoria dos Campos Conceituais mostrou-se promissora para a identificação de diferentes aspectos para a aprendizagem significativa do conceito de enzima e célula. As concepções prévias dos alunos tiveram um importante papel tanto para o professor, na elaboração das situações teóricas, como para o aluno que se apoia nestas concepções para a elaboração de novos conhecimentos. Por exemplo, o invariante operatório “a quebra de m.o. libera energia” que se relaciona com o conceito de enzimas, apresenta continuidade com o conhecimento da estrutura molecular da matéria. O invariante “Os aminoácidos obtiveram energia através dos raios” e “Os aminoácidos “passavam” energia para os coacervados.”, se relacionam às concepções prévias da formação das m.o. Ocorre uma continuidade destas concepções com a ideia das m.o. sendo fonte de energia para o coacervado. Algumas rupturas devem ser feitas, como por exemplo, a ideia que basta o coacervado se aproximar da m.o. para que ocorra a liberação de energia. Para ocorrer esta ruptura é necessário, por exemplo, propor situações para conceituação da estrutura molecular da matéria. Vergnaud (1990) e Ausubel et. al. (1980) enfatizam o papel do conhecimento prévio como precursor de novos conhecimentos (científicos ou não) e sobre as continuidades e rupturas na construção do conhecimento.

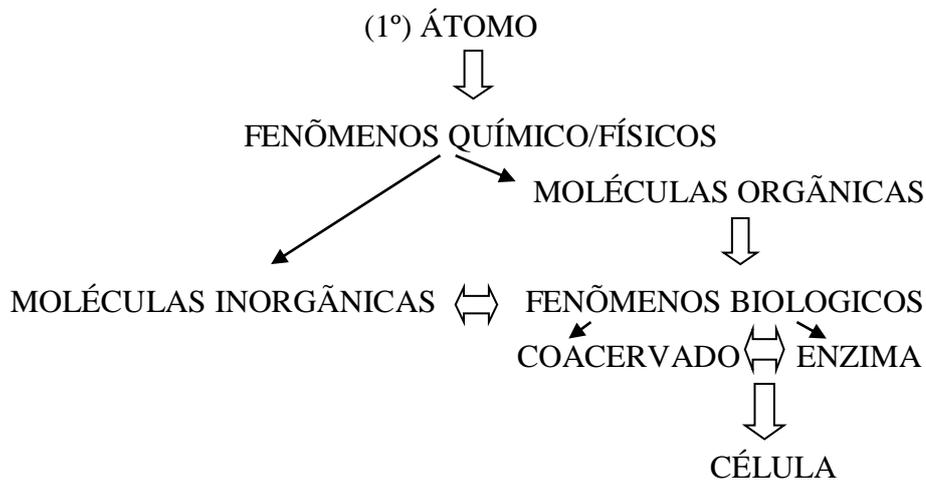
As situações-problema (teóricas) também mostraram neste estudo, que influenciam o desenvolvimento cognitivo do estudante. Percebeu-se a inadequação, tanto das situações para apresentação dos conceitos como das situações avaliativas. Por exemplo, na situação-problema 1 “Explicar como os coacervados (futuras células) obtém energia para sobreviver e qual é a origem desta energia?”, é identificada a necessidade de tornar mais complexa esta situação através de sua contextualização com a situação ambiental relacionada à formação das moléculas orgânicas. Segundo Moreira (2002), os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que conseguem compreender e explicitar. A única maneira de o aluno aprender sobre um campo conceitual (composto de diferentes situações de diferentes níveis de complexidade) é resolver estas situações cada vez mais complexas.

As situações teóricas em atividades de discussão e debate também merecem destaque. Segundo Moreira (2002) e Vergnaud (1990) o professor tem importante função mediadora sujeito-sujeito / sujeito-conhecimento como provedor de situações problemáticas geradoras, estimuladoras desta interação, que produz a ampliação e a diversificação de seus esquemas de ação, ou seja, o desenvolvimento cognitivo. Esta

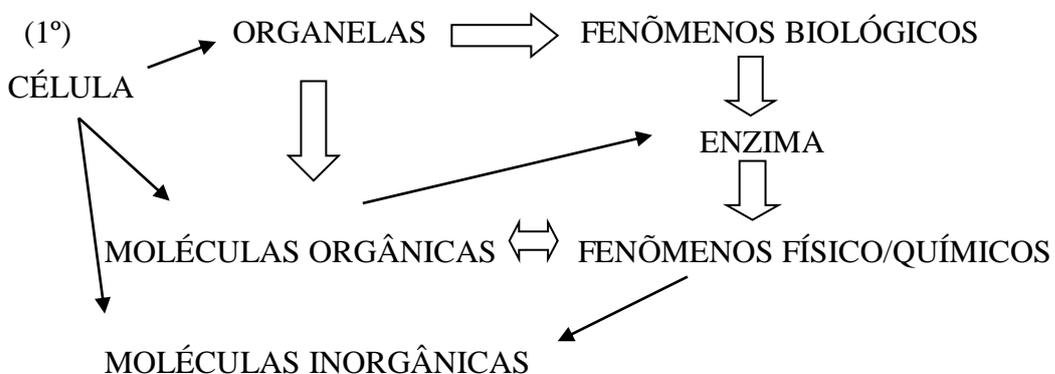
pesquisa indicou que as construções conceituais cientificamente aceitas, ocorreram em maior porcentagem na turma que utilizou a metodologia da Teoria do Campo Conceitual (T2), como indicou a comparação com T1 (ensino tradicional). Em todas as situações-problema avaliativas, T2 mostrou melhor aprendizagem no conceito de enzima. Como as situações-problema contextualizaram a célula (primitiva), e como estas situações foram resolvidas em maior porcentagem em T2, pode-se concluir que ao resolverem estas situações aqueles alunos iniciaram a conceituação de célula.

Uma outra questão que surge na análise deste campo conceitual, tão importante na aprendizagem dos conceitos biológicos, como é o caso do campo conceitual da célula, é o problema de qual caminho seguir para promover a aprendizagem significativa, na trama conceitual que é o conceito da célula, como indica os seguintes esquemas abaixo:

1. Proposta de desenvolvimento conceitual a partir de situações-problema que enfatizam os conhecimentos mais simples para os mais complexos, porém, em termos de conhecimentos prévios, o mais simples corresponde ao conceito mais abstrato. Este enfoque possibilita a investigação de fenômenos químicos e físicos no laboratório, para iniciar a conceituação dos fenômenos biológicos, que passa, necessariamente, por situações-problema relacionadas às moléculas orgânicas e inorgânicas.



2. Proposta de desenvolvimento conceitual a partir de situações-problema que enfatizam a aprendizagem dos conhecimentos mais complexos em direção aos mais simples, porém, em termos de conhecimentos prévios, o mais complexo corresponde ao conceito mais concreto, isto é, o aluno apresenta alguns conhecimentos que podem, em situações-problema adequadas, relacionar-se à experiência cotidiana do aprendiz. Este enfoque também possibilita a visualização “in loco”, de células macroscópicas e em microscopia, no início das atividades de ensino.



Os resultados encontrados neste estudo, colocam em evidência as situações-problema como direcionadoras da aprendizagem significativa e de conceituações importantes no processo de compreensão da célula funcional, e não meramente morfológica. Através destas situações, o aluno forma um modelo mental de célula, que pode considerar preferencialmente a energia das moléculas orgânicas no processo da manutenção da célula; ou pode ser um modelo mais explicativo e abstrato, que já considera a existência de moléculas orgânicas específicas (enzimas), que participarão do processo de liberação de energia das moléculas orgânicas, funcionando como biocatalisadores. Alguns invariantes operatórios utilizados para resolver as situações-problema, em T2, indicam este modelo explicativo e esta evolução conceitual: “A energia é liberada através da reação enzimática com as m.o.”; “A energia de ativação provocada pela enzima faz com que a m.o. colida com a célula.”; “A m.o. e a enzima colidem liberando energia”. Em T1 também encontramos o invariante operatório: “A célula formou a enzima que fez com que ela retirasse a energia da m.o.”. Podemos notar que este invariante apresenta uma estrutura conceitual mais simples, e, comparado aos invariantes de T2, este é menos eficiente na resolução da situação. Palmero (2003) enfatiza a necessidade de desenvolver um ensino que promova a construção de modelos celulares dinâmicos e complexos, visto que é esta realidade dos seres vivos, portanto esta compreensão é fundamental para a conceituação biológica.

A formação de modelos é o primeiro passo no processo de conceituação do real (MOREIRA, 2002). Tauceda e Del Pino (2010), identificaram na aprendizagem de conceitos relacionados à célula, a replicação do DNA, o quanto é importante a construção de modelos mentais (no caso do estudo citado, representações pictóricas) na compreensão significativa destes conceitos. Desta forma, através da aplicabilidade destes modelos em diferentes situações de uma mesma classe, eles vão se estabilizando para formar um esquema mental, importante para uma aprendizagem significativa.

O professor então deverá decidir quais vias metodológicas ele irá seguir, mas, o mais importante, é problematizar os conceitos (prévios e novos) em situações adequadas, através do diálogo participativo na sala de aula. Muitas dificuldades podem surgir no desenvolvimento do conceito da célula, ao decidir por um ou outro caminho. Quando se inicia as atividades de ensino a partir da célula, muitos alunos não compreendem que ela é constituída de moléculas, e isto dificulta a compreensão dos

fenômenos biológicos, por exemplo, a ação da enzima no contexto celular de reação bioquímica. De outro modo, é difícil para o aluno compreender os significados de átomos e moléculas visualizando reações químicas, e enzima, em um contexto de célula primitiva, que o aluno tem que imaginar. Pode-se não mencionar o coacervado, mas perde-se com isso o contexto evolutivo ambiental em que a vida surgiu.

O campo conceitual da célula, como enfatiza Palmero (2003), é amplo e diverso. Para resolvê-lo plenamente o aluno deverá compreender muitas e diferentes situações para que se aproprie dos conceitos que fazem parte deste campo. Este trabalho é uma tentativa inicial para contribuir na compreensão dos processos cognitivos, que podem levar à aprendizagem significativa da célula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. In: **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Kluwer Academic Publishers. 219, p. 2003.

CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 11, n. 1, p. 63-68, 1993.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C. e MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações.** Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.** v. 3, n. 3, 2009.

LEGEY, A. P.; CHAVES, R.; MÓ, A. C. A.; SPIEGE, C. N.; BARBOSA, J. V.; COUTINHO, C. M. L. M. Avaliação de saberes sobre célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área Biomédica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 203-224, 2012.

MOREIRA, L. M. O uso do corpo como ferramenta pedagógica: um modelo alternativo que desconsidera a ausência de recursos específicos para o ensino de bioquímica e biologia molecular no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, artigo D, n. 1. 2007.

MOREIRA, M. A. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 37-57 p. 2002.

MOREIRA, M. A. Aprendizaje Significativo Crítico. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, n. 6, p. 83-101, 2005.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011.

PALMERO, M. R. L.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 121-160, 1999.

PALMERO, M^a. L. R. e ACOSTA, J. M. Un análisis y una organización del contenido de biología celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 1, p. 67-79, 2003.

PEDRANCINI, V.D.; CORAZZA-NUNES, M. L.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

SANGIOGO, F. A; ZANON, L. B. Reflexões sobre Modelos e Representações na formação de professores. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 26-34, 2012.

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. Modelos e outras representações mentais no estudo do DNA em alunos do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 337-354, 2010.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J.; ROMBERG, T. (Orgs.) **Addition and subtraction. A cognitive perspective**, p. 39-59. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. **Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique**. La Londe les Maures, França, 1983.

VERGNAUD, G. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas. Um exemplo: as estruturas aditivas. **Análise Psicológica**, v. 1, p. 75-90, 1986.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133 – 170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org) **Anais, I Seminário Internacional de Educação Matemática**, p. 1-26. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática, UFRJ, 1993.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. AND CONFREY, J. (Orgs.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org) **Por que ainda há quem não aprende? A teoria**, p. 21-60, RJ: Ed. Vozes, 2003.

VERGNAUD, G. **Lev Vygotsky: pedagogo e pensador do nosso tempo**. Porto Alegre: GEEMPA, 2004.

VERGNAUD, G. Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. In: GROSSI, E. P. **Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem**, p. 85-100. Porto Alegre: GEEMPA, 2005.

VOSNIADOU, S; BREWER, W. F. Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. In: **Cognitive Psychology**, v. 24, p. 535-585, 1992.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. In: **Learning and Instruction**, v. 4, 1994.

6 Segundo Capítulo:

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA RELACIONADA AO TEMA:

*“A Teoria dos Campos Conceituais e a Formação de Professores
de Ciências”*

IX ENPEC – 9o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - realizado no Hotel Majestic em Águas de Lindóia, São Paulo, 10 a 13 de novembro de 2013.

ISBN: 978-85-99681-03-9

6 1 O PIBID NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA: UMA PESQUISA NO REFERENCIAL DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD

THE PIBID IN INITIAL TEACHER TRAINING OF SCIENCES OF NATURE: A RESEARCH ON REFERENTIAL THE CONCEPTUAL FIELDS OF GÉRARD VERGNAUD

Karen Cavalcanti Tauceda³⁰

José Cláudio Del Pino³¹

Vladimir Magdaleno Nunes³²

RESUMO

Este trabalho refere-se à aprendizagem do conceito “epistemologia” em alunos de curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia do IFRS, participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Entre agosto de 2012 a abril de 2013, foram realizadas reuniões durante as quais eram discutidas propostas de ensino para a disciplina de biologia, direcionadas aos alunos de 1º ano do ensino médio do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Estas reuniões foram conduzidas

³⁰ Mestre em Biologia Animal – UFRGS. Mestre em Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

³¹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

³² Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

de acordo com a metodologia tradicional de ensino (grupo 1) e com a metodologia de situações-problema dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (grupo 2). Na análise dos invariantes operatórios produzidos nas propostas de ensino, não foi identificada melhoria na aprendizagem deste conceito, embora é reconhecida a necessidade de novas pesquisas a partir deste referencial, pois o conceito de “epistemologia” envolve um campo conceitual amplo, cujo domínio requer tempo e diferentes situações-problema.

Palavras-chave: PIBID, formação de professores, campo conceitual, ensino de biologia, epistemologia.

Abstract

This work refers to the learning of the concept "epistemology" for students of Bachelor's Degree in Natural Sciences: Chemistry and Biology of IFRS, participants Scholarship Program Initiation to Teaching (PIBID). August 2012 to April 2013, meetings were held to discuss proposals for teaching the discipline of biology, targeted at students from the 1st year of high school in State College Júlio de Castilhos. These meetings were conducted according to the traditional method of teaching (group 1) and with the methodology of problem situations of conceptual fields of Gérard Vergnaud (group 2). In the analysis of operational invariants produced in the teaching proposals, there were no improvements in learning this concept, although it is recognized the need for further research from this reference, since the concept of "epistemology" is a broad conceptual field whose mastery requires time and different problem situations.

Keywords: PIBID, teacher training, conceptual field, biology teaching, epistemology

INTRODUÇÃO

No Brasil é preocupante a desvalorização do profissional docente, principalmente aquele do ensino básico da rede pública. Isto se reflete nos resultados de diferentes provas que indicam a qualidade da aprendizagem dos nossos estudantes (Exame Nacional de Ensino Médio - ENEM, Programme for International Student Assessment - PISA, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB). Santos e Santana (2009) afirmam que este quadro tem promovido, nas últimas décadas, produções

científicas nas Instituições de Ensino Superior (IES), que tem sugerido a articulação dos cursos de formação, com a realidade da escola básica, redirecionando a formação centrada na universidade para a experiência e reflexão docente na escola.

Segundo Schön (1992), as teorias atuais sobre a formação de professores, propõem a concepção do professor reflexivo, onde o conhecimento profissional está na ação, pois a complexidade do ambiente da sala de aula é caracterizada por incertezas, instabilidades, singularidades e permeado por conflitos de valores, que requerem decisões do professor.

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) vem ao encontro da realidade identificada no cotidiano e pelas pesquisas acadêmicas: a aproximação escola/ensino superior. Segundo BRASIL (2013), esta é a principal contribuição para a formação inicial do professor, a articulação entre teoria e prática necessárias para a formação docente. O programa incentiva a carreira do magistério, proporcionando bolsas de iniciação a graduandos de cursos de licenciatura presenciais, para estágio em escolas públicas, com Ideb, abaixo da média nacional.

O subprojeto do IFRS - Campus Porto Alegre /PIBID/ intitulado “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização de espaços experimentais nas escolas, articula-se com a necessidade da valorização do ambiente da escola no processo da formação docente, através da interação teoria-prática e na discussão/reflexão com todos os sujeitos envolvidos nestas atividades: graduandos, professores supervisores, alunos e comunidade escolar.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica de aprendizagem que pode contribuir significativamente na formação “reflexiva antes e após a ação”. Isto porque no âmago desta teoria está à construção do conhecimento do sujeito a partir dos conhecimentos em ação, no momento em que ele está resolvendo situações problemáticas significativas, ao mesmo tempo estas situações irão “tensionar” a interação com os novos conhecimentos: reflexão sobre e na ação. É uma teoria interacionista (pós-construtivista) da aprendizagem. O professor é agente ativo, pois ele irá propor as situações significativas para os alunos resolverem e articular situações para o debate dos conhecimentos. Só se reflete “na ação e sobre a ação”, a partir das interações produzidas na sala de aula.

Segundo Vergnaud (1990), um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas entrelaçados durante o processo de aquisição. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolvê-las, ele conceitua. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que lhe darão sentido; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teorema-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, situações e procedimentos. Um esquema é uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. As situações devem ser potencialmente significativas, o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar e enriquecer seus conceitos subsunçores (prévios), isto é, conceituar (AUSUBEL, 2000).

A aprendizagem dos graduandos no campo conceitual “epistemologia” foi investigada através da produção de possíveis invariantes operatórios na resolução de situações-problema em metodologias diferenciadas (tradicional e TCC), e avaliada a potencialidade destas situações na promoção destes conhecimentos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto de 2012 a abril de 2013 com graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia, participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) que realizam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, RS.

O grupo participa do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino; relatos para serem discutidos na escola e em eventos científicos, protocolos e kits para aulas experimentais. Estes graduandos (12 alunos, com idade entre 20 a 30 anos) desenvolvem atividades no CEJC desde agosto de 2011, e

frequentam o 5º e 6º semestre (de um total de oito) do curso de licenciatura. Formam dois grupos: um direcionado ao ensino de química (cinco alunos), que atuam nas aulas do professor de química e supervisor do PIBID, e outro grupo relacionado ao ensino de biologia (sete alunos), atuantes nas aulas de três professores de biologia, sendo dois supervisores do PIBID.

O professor supervisor e pesquisador, doutorando do PPG Educação em Ciências da UFRGS, ingressou no PIBID em agosto de 2012, após já transcorrido um ano da divisão do grupo PIBID/biologia em: grupo 1(G1), que frequentou o turno da tarde nas aulas do professor supervisor, cujos alunos deste turno, estavam na faixa etária de aproximadamente 15 a 18 anos; a metodologia das reuniões foi a do ensino tradicional / grupo 2 (G2), que frequentou o turno da noite nas turmas do professor de biologia não participante do PIBID, cujos alunos estavam na faixa etária de aproximadamente 17 a 22 anos; a metodologia das reuniões foi a da TCC.

A pesquisa enfocou as reuniões entre os professores supervisores e alunos do PIBID/biologia, pois o professor de biologia não participante do PIBID não se dispôs a participar destes encontros. O estabelecimento de metodologias diferenciadas para as reuniões em G1 e G2 não foi intencional. As reuniões com G1 já estavam ocorrendo de forma “tradicional” há um ano. Já em G2, as reuniões quase não ocorreram durante este período. Durante a pesquisa, as reuniões com G1 e G2 ocorreram com a participação dos dois professores supervisores do PIBID. Em G1, ficaram sob a orientação do outro professor supervisor e as reuniões com G2 se desenvolveram sob a orientação do professor supervisor/pesquisador. Este professor optou por desenvolver em G2, reuniões com a metodologia do TCC, pois neste grupo quase não ocorreram reuniões de qualquer tipo, como já foi explicado anteriormente.

A metodologia da TCC propõe a resolução de situações-problema significativas, e também a mediação do professor para o domínio destas situações por parte do aluno. Em G2, diferentemente do que ocorreu em G1, foram discutidas nas reuniões as situações-problema teóricas e práticas, elaboradas e aplicadas nas aulas experimentais, junto aos alunos da escola. Em G1 e G2 foram aplicadas situações-problema avaliativas (1 e 2) para identificar as concepções prévias relacionadas ao campo conceitual de epistemologia e a evolução desta aprendizagem, a partir das metodologias tradicional e diferenciada, respectivamente. Assim, as diferenças entre G1 e G2 foram as discussões

das situações teóricas e práticas propostas para as aulas experimentais e a mediação do professor supervisor durante as reuniões desenvolvidas em G2.

Em G1 a metodologia para a execução das reuniões foi “tradicional”. As reuniões eram “operacionais”, pois o foco era a apresentação e correção dos protocolos experimentais, que são um dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. Ocorreram poucas discussões para explicitar os conceitos implícitos, isto é, as concepções prévias. Estas discussões (com concepções prévias), quando ocorreram, não foram problematizadas através de situações-problema teóricas e práticas, tampouco para a elaboração das situações-problema avaliativas, cujo objetivo era incentivar a reflexão sobre as interações na sala de aula, antes e depois da aplicação do protocolo.

As reuniões em G2 tinham como objetivo a discussão das propostas de ensino, isto é, os protocolos experimentais e a reflexão sobre as interações na sala de aula antes e depois da aplicação do protocolo, enfatizando o “processo” na produção dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. Estas discussões foram organizadas em situações-problema teóricas e práticas (diferentes das situações-problema avaliativas que foram aplicadas em G1 e G2 e que serão descritas adiante), com o objetivo de explicitar as concepções prévias e a evolução conceitual de epistemologia. Estas concepções foram utilizadas para reformular as situações-problema teóricas e práticas e as situações avaliativas. A periodicidade das reuniões com G1 foi mensal e com G2 foi mensal ou quinzenal; em ambos os grupos, com uma a duas horas de duração aproximadamente.

Investigou-se a aprendizagem no campo conceitual da “epistemologia” através da análise das propostas de ensino produzidas por estes alunos, para a aprendizagem dos estudantes da escola (protocolos para aula experimental) e para a divulgação (textos para apresentar em eventos científicos). Estas propostas tinham como objetivo a resolução das situações-problemáticas avaliativas, nas quais é enfatizado o conhecimento em ação (teorema-em-ação), isto é, a explicitação da teoria (conceitos) que os graduandos trazem de seus cursos de licenciatura, efetivamente compreendida e assimilada em suas estruturas cognitivas, acionadas pelas situações.

Objetivos das situações-problemas avaliativas:

a) **Situação-problema 1:** explicita as concepções prévias dos graduandos relacionadas ao conceito de epistemologia através da elaboração de um protocolo de aula experimental que deverá ser entregue aos estudantes da escola antes da atividade experimental; em G1 este protocolo relaciona-se à aprendizagem do conceito de “DNA”, e em G2, ao conceito “metodologia científica”. O protocolo deve conter objetivos, metodologia, resultados e conclusões, relacionadas aos conceitos científicos que cada grupo se propôs desenvolver com os alunos da escola.

b) **Situação-problema 2:** relaciona-se a escrita de um relato, no qual propõe-se a reflexão das seguintes questões: qual a importância para a aprendizagem em biologia da compreensão destes conceitos (“DNA” e “método científico”); quais as dificuldades e facilidades para a elaboração dos protocolos experimentais; como ocorreu a aplicação na sala de aula; quais os resultados de aprendizagem; quais as propostas de modificações destes protocolos.

Situação-problema 1 avaliativa proposta para G1 e G2, respectivamente:

G1: Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem do DNA onde deverão constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas ao resultado e conclusões que mobilizem os conhecimentos dos alunos para a aprendizagem deste conceito.

G2: Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem relacionada à metodologia científica, onde deverão constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas ao resultado e conclusões que mobilizem os conhecimentos para a aprendizagem deste conceito.

Situação-problema 2 avaliativas propostas para G1 e G2:

1. Escrever um relato onde é proposta a reflexão das seguintes questões: qual a importância para a aprendizagem em biologia da compreensão dos conceitos trabalhados em sala de aula; quais os objetivos do protocolo experimental e qual a metodologia para alcançá-los; como ocorreu a aplicação na sala de aula; quais os resultados de aprendizagem; quais as propostas de modificações deste protocolo.

RESULTADOS

Abaixo, a resolução da situação-problema¹ produzida por G1 e G2 e a seguir os invariantes operatórios. Na resolução da situação-problema 1, os conhecimentos em ação (prévios) dos graduandos estão melhor explicitados na proposta dos itens “resultados” e “conclusões”, portanto os itens “objetivos” e “metodologia” não foram transcritos:

G1 - Protocolo para aula experimental: Extração do DNA

Item “Resultados”:

- 1) Qual é a função do sal?
- 2) O que acontece quando se adiciona o detergente?
- 3) Qual é o papel do álcool etílico?
- 4) Por que você não pode ver a dupla hélice do DNA?
- 5) Os diferentes tipos de alimentos têm a mesma quantidade de DNA? Comente.
- 6) Qual é o papel da alteração da temperatura realizada em alguns dos experimentos?

* Observação do autor: Neste protocolo não foi elaborado o item “conclusões”.

G1 - Possíveis indicadores de invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. O sal, o detergente e o álcool agem sobre o DNA. |
| 2. A dupla hélice do DNA não é visível após a realização do experimento. |
| 3. Os diferentes tipos de alimentos podem apresentar diferentes quantidades de DNA. |
| 4. A variação da temperatura pode afetar os resultados dos experimentos. |

G2 - Protocolo para aula experimental: Estudando as etapas do método científico

Item “Resultados”:

- 1) Anote suas observações.
- 2) Formule um problema, com base em suas observações.
- 3) Elabore uma hipótese que possa explicar o que foi observado.
- 4) Teste sua hipótese: Coloque porções iguais de algodão frouxo em duas placas separadas. Faça com que ambas as porções peguem fogo ao mesmo tempo. Logo que começar a queimar, coloque sobre uma das porções que está queimando, um copo de bécquer emborcado. Repita o mesmo procedimento com porções de algodão apertado.
- 5) O que você observou nos dois experimentos anteriores?

Item “Conclusões”:

- 6) Com base nas experiências e observações, elabore conclusões que confirmem ou não a sua hipótese.
- 7) As experiências realizadas apresentaram um fenômeno? Justifique sua resposta.

G2 - Possíveis indicadores de invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A formulação de uma hipótese para resolver um problema ocorre a partir da observação dos resultados do experimento. |
| 2. As conclusões do experimento serão resultado do teste de hipóteses. |
| 3. Pode-se concluir o que é um fenômeno natural a partir das observações e resultados deste experimento realizado na sala de aula. |

A seguir, alguns trechos dos relatos para eventos científicos produzidos na resolução da situação-problema 2, por G1 e G2, identificados como possíveis indicadores de invariantes operatórios que apresentam alguma relação com a estrutura conceitual de “epistemologia”:

G1:

“É importante lançar mão de ferramentas alternativas que auxiliem na construção do conhecimento.”; “O trabalho em sala de aula com os temas relacionados à Genética possibilita experiências em que os alunos podem contextualizar o assunto associando-o às situações cotidianas.”; “... foram capazes de aplicar seus conhecimentos prévios. ”.

G2:

“... estes estudantes não percebem os acontecimentos desses fenômenos que os rodeiam por não terem no seu dia a dia a oportunidade de participarem de aulas, cuja proposta é visualizarem as imagens do acontecido para refletirem sobre o que veem.”; “Os efeitos foram percebidos através de respostas inéditas e criativas para resolver problemas, que surgiram após as observações. ”.

DISCUSSÃO

A importância para o futuro professor da compreensão do conceito “epistemologia”³³ é que este conhecimento diz respeito a sua prática na sala de aula, tanto em relação à produção de conhecimentos para materiais didáticos como para a interação dos conhecimentos de ensino junto aos alunos. Se o professor não compreender como ocorre a construção do conhecimento científico, ele terá dificuldades na transposição didática dos conhecimentos da academia (conceitos científicos) para a sala de aula. Esta compreensão é um dos elementos para uma docência que se diferencie da tradicional. Se o professor possuir uma concepção de

³³ Nesta pesquisa, consideramos que o significado do conceito de epistemologia está relacionado aos processos mentais de construção e evolução dos conhecimentos no contexto dialógico histórico-cultural da sala de aula.

ciência como produtora de “verdades” inquestionáveis, ele terá provavelmente uma atitude passiva frente ao conhecimento que ele deverá ensinar. Será um professor adepto à metodologia de transmissão de conteúdo, narrativo. Segundo Moreira (2011), este é o método mais utilizado em nossas escolas. Esta interpretação também nos remete a uma prática pedagógica empirista, onde o aluno é direcionado pelo professor para o conhecimento que ele deve saber (Don Finkel, 2008). Nesta concepção, os alunos não apresentam conhecimentos prévios que devem ser considerados para elaborar os novos conhecimentos.

Na resolução da situação-problema 1 em G1, os invariantes produzidos foram inadequados cientificamente, pois os graduandos não propuseram a reflexão das observações, à luz das concepções prévias dos alunos que executariam a atividade experimental, como por exemplo, no invariante “A dupla hélice do DNA não é visível após a realização do experimento”. Indica uma concepção empirista da construção do conhecimento. Nesta ideia, o conhecimento é produzido a partir das observações, pois o sujeito não apresenta concepções prévias, sendo uma folha em branco a ser preenchida pelas impressões advindas da experimentação. Ao mesmo tempo, mostra uma concepção racionalista do conhecimento “Os diferentes tipos de alimentos podem apresentar diferentes quantidades de DNA.” Este invariante contém em sua estrutura, conhecimentos relacionados ao conceito de DNA. Ao não promover a explicitação dos conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao conceito “DNA”, através de uma situação-problema significativa, G1 indica a compreensão do conhecimento científico, como um conhecimento desconectado da realidade conceitual do aluno da escola. Provavelmente é aquele conhecimento “pronto” dos livros didáticos em que o estudante deve memorizar para repetir na prova. A não elaboração do item “conclusões” reafirma a concepção epistemológica empirista de G1, pois não existe a preocupação em formular questões que problematizem as observações do experimento com a concepção prévia do estudante. Ao mesmo tempo, confirma a concepção epistemológica racionalista, pois não elabora questões que problematizem as observações com os conhecimentos prévios que promovam uma conexão com a estrutura cognitiva destes conhecimentos com o conceito de DNA (que foi apresentado “pronto” no item “resultados”).

Os invariantes produzidos em G2 na resolução da situação-problema 2 “... visualizarem as imagens do acontecido[sic] para refletirem sobre o que veem.”, indica

alguma compreensão sobre a produção do conhecimento, através da reflexão da experimentação a partir dos conhecimentos prévios. Porém, o protocolo produzido na situação 1, não indica esta compreensão, pois a maioria dos invariantes operatórios se relacionam ou com o conceito pronto (fenômeno) ou com a observação deste fenômeno, por exemplo, no invariante “Elabore uma hipótese que possa explicar o que foi observado.”. Neste invariante operatório, não há indicação de uma proposta para a reflexão dos conhecimentos prévios dos alunos. Já no invariante “... respostas inéditas e criativas para resolver problemas, que surgiram após as observações.”, mostra uma concepção empirista de produção de conhecimento, repetindo as conclusões da análise dos invariantes produzidos para os protocolos em G1.

As situações-problema 1 e 2 não promoveram a conceituação cientificamente adequada de “epistemologia” no grupo 1, tampouco no grupo 2, embora neste grupo, tenha ocorrido um invariante operatório indicativo da correta conceituação: “As conclusões do experimento serão resultado do teste de hipóteses.” Isto não é suficiente para percebermos a aprendizagem do conceito de epistemologia em G2. Seriam necessárias numerosas e diferentes situações para que se identificasse a formação de um esquema mental relacionado a este conhecimento. Para Vergnaud (1993) o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Diferentemente da pesquisa que foi desenvolvida por Krey e Moreira (2009) com alunos de Licenciatura em Física, onde foram utilizadas metodologias diferenciadas (tradicional e TCC), o presente estudo não indicou melhoria de aprendizagem para o conceito “epistemologia”, apesar da ocorrência em G2 de um invariante operatório cientificamente correto, citado acima. O conceito de epistemologia é um campo conceitual. Segundo Vergnaud (1990), um campo conceitual requer o domínio de diferentes conceitos na resolução de várias situações. Principalmente em G1, pela formatação das reuniões, tornou-se difícil considerar os invariantes produzidos na resolução das situações para elaborar as novas situações. Segundo Ausubel (2000) e Vergnaud (1990) o aluno só aprende a partir daquilo que ele já sabe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por que a metodologia diferenciada da TCC não se mostrou eficaz na promoção da aprendizagem do conceito “epistemologia”? Em primeiro lugar, o tempo que foi dedicado a esta metodologia diferenciada foi curto. O conceito de epistemologia, na realidade, é o campo conceitual de epistemologia. Fazem parte deste conhecimento muitos esquemas, conceitos, problemas, situações, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, entrelaçados durante o processo de aquisição (Vergnaud, 1990). Em segundo lugar, a pedagogia aplicada nas escolas é geralmente tradicional, onde não ocorrem aulas experimentais e o ensino é centrado na narrativa do professor, que traz os conhecimentos prontos sem conexão com os conhecimentos dos alunos, do cotidiano. Os alunos graduandos do IFRS/PIBID também foram ensinados na escola a desconectarem a teoria da prática. Para pensar de outro jeito, teoria / prática, conhecimentos prévios / científicos, reflexão antes e depois da ação, é necessária outra abordagem na formação de professores através do PIBID. A TCC pode ser uma metodologia adequada, pois propõe o estudo do desenvolvimento do conhecimento a partir da estrutura conceitual prévia e da nova, na resolução de situações-problemáticas.

Segundo Marandino (2003), deve-se articular teoria e prática na ação-reflexão-ação nos processos formativos do professor-pesquisador. Mas como fazer esta articulação? Será somente através da participação do cotidiano das aulas, escola e de produção de textos para eventos? Parece que não. Como indicou este estudo, uma proposta metodológica para articular teoria acadêmica e prática docente na ação-reflexão-ação pode ser a TCC, pois ela enfatiza a produção do conhecimento através da ação deste conhecimento nas situações-problemáticas. É o conhecimento na prática.

Agradecimentos e apoios

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).** Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 20 abr. 2013.

FINNKEL, D. **Dar clase de boca cerrada.** Valencia: Publicaciones de la Univer. València, 2008.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat. Am. J. Phys. Educ**, v.3, n.3, p. 595-605, 2009.

MARANDINO, M. A. Prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Cad.Bras.Ens.Fís**, v.20, n.2, p.168-193, 2003.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente**, v.4, n.1, p. 2-17, 2011.

SANTOS, F. J. S. S.; SANTANA, M. S. S. A pesquisa na iniciação à docência: um estudo sobre o PIBID na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. In **Anais de resumos do II Congresso de pesquisadores do Recôncavo Sul**, p.35, 2009.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: Nóvoa (Org.) **Os professores e a sua formação.** Lisboa: Dom Quixote, 1992.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: Nasser, L. (Org.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática**, Rio de Janeiro, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n.4, p. 9-19, 1996.

VII Encuentro Iberoamericano de Colectivos Y Redes de Maestros y Maestras que hacen Investigación e Innovación desde su Escuela y Comunidad, Cajamarca: Perú, 15 al 25 de julio de 2014.

6 2 O PIBID NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA: ALGUNS RESULTADOS NO REFERENCIAL DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

Karen Cavalcanti Tauceda³⁴

José Cláudio Del Pino³⁵

RESUMO

O artigo propõe uma discussão acerca da formação de professores de química, através do PIBID/IFRS, em uma escola pública do RS, Brasil, cujas atividades foram desenvolvidas de 2011 até 2013. Para investigar esta formação, utilizou-se a metodologia dos campos conceituais, cuja proposta é a interação dos sujeitos envolvidos no processo da aprendizagem, através da construção de conhecimentos (invariantes operatórios) promovidos na resolução de situações-problema significativas. Investigou-se o campo conceitual de “aprendizagem” através da promoção de invariantes que pertenceriam ao conceito de “pedagogia tradicional” e “pedagogia construtivista”, através da elaboração de propostas de ensino para os alunos da escola de agosto a setembro de 2013. Percebeu-se a dificuldade dos graduandos na aprendizagem significativa da “pedagogia construtivista”, pois seis invariantes promovem o conceito de “pedagogia tradicional”.

Palavras-chave: PIBID, campo conceitual, ensino de química.

³⁴ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

³⁵ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

1. CONTEXTO DO RELATO

Há muita discussão em relação à formação inicial de professores de química, pois esta parece não contemplar uma formação sólida e adequada à realidade escolar (GAUCHE et al., 2008; SANTOS et. al., 2006; GALIAZZI, 2003;). Neste contexto, o papel da Universidade deve ser repensado, identificando através de uma análise crítica, a sua importância nesta formação, não negando, segundo Nóvoa (2003) sua inquestionável contribuição neste processo (por razões de prestígio, de sustentação científica, de produção cultural). Este autor reafirma a importância para o professor, da experiência e a reflexão sobre a experiência no contexto escolar através de regras e métodos próprios. Maldaner (2006) enfatiza a importância de se propiciar aos futuros docentes, durante sua formação, espaços de discussão, nos quais seja possível abordar questões relacionadas à pesquisa e à reflexão sobre a prática do professor.

É neste ponto do processo da formação de professores, que o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) torna-se importante, pois este programa se propõe a articular as teorias pedagógicas que os futuros docentes discutem nas universidades com as práticas desenvolvidas na escola. Segundo BRASIL (2013), esta é a principal contribuição para a formação inicial do professor. O programa incentiva a carreira do magistério, proporcionando bolsas de iniciação a graduandos de cursos de licenciatura presenciais, para estágio em escolas públicas, com Ideb, abaixo da média nacional.

Esta pesquisa foi desenvolvida no período de agosto a setembro de 2013 com quatro graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Curso de Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), que realizam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, RS.

O grupo participa do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino (protocolos e kits para aulas experimentais) e relatos para serem discutidos na escola, em eventos científicos e relatórios do andamento das atividades, para a coordenação e supervisores. Estes graduandos com idade entre 20 a 30 anos, participantes do PIBID, desenvolvem atividades no CEJC desde 2011, e frequentam o

5º e 6º semestre (de um total de oito semestres) do curso de licenciatura. Estes estudantes desenvolvem suas atividades nas aulas de química, cujo professor é colaborador do PIBID (não integrante do o programa). O supervisor deste grupo, doutorando e integrante do PIBID é o autor desta pesquisa. Os graduandos desenvolveram suas atividades em turmas de 1º ano do ensino médio no turno da noite, com alunos na faixa etária entre 17 a 22 anos aproximadamente.

No contexto desta pesquisa, procurou-se identificar quais as contribuições e limitações que o PIBID apresenta com relação aos objetivos do programa, isto é, a formação de um professor com uma metodologia diferenciada da tradicional. Busca-se então, refletir sobre o processo formativo dos professores de química, participantes do PIBID através da análise dos resultados apresentados na resolução das situações problemáticas avaliativas, no referencial da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud. Estes resultados são as propostas de ensino para a aprendizagem dos estudantes da escola (protocolos para aula experimental). As propostas foram produzidas com o objetivo de responder as situações-problemáticas avaliativas, onde é enfatizado o conhecimento em ação (teorema-em-ação), isto é, a teoria que os graduandos trazem de seus cursos de licenciatura, efetivamente compreendidas e assimiladas em suas estruturas cognitivas, acionadas pelas situações-problema.

Segundo Vergnaud (1990), um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas entrelaçados durante o processo de aquisição. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolvê-las, ele conceitua. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que lhe darão sentido; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teorema-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, situações e procedimentos. Um esquema é uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. As situações devem ser potencialmente significativas, o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar e enriquecer seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (AUSUBEL, 2000). Portanto,

a metodologia da TCC propõe a resolução de situações-problema significativas, isto é, situações que apresentem em sua estrutura, conceitos que o sujeito está apto a dar significado, pois são compreensíveis para ele, e ao mesmo tempo, que promova novos significados.

Esta metodologia também enfatiza a mediação do professor para a elaboração das situações-problema e situações de ensino que apresentem potencial para a discussão e debate de conhecimentos em ação (invariantes operatórios), tornando-os explícitos. Conhecimentos explícitos podem ser debatidos, os implícitos não (VERGNAUD, 1994). Neste caso, a mediação do professor é a mediação dos coordenadores do PIBID da Instituição do Ensino Superior (IES) - o IFRS – e a mediação do professor supervisor da escola, nas reuniões desenvolvidas com os graduandos. As reuniões tinham como objetivo a discussão das propostas de ensino, isto é, os protocolos experimentais e a reflexão sobre as interações na sala de aula antes e depois da aplicação do protocolo, enfatizando o “processo” na produção dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. Estas discussões foram organizadas em situações-problema teóricas (que não serão descritas no trabalho, por serem variáveis, isto é, são direcionadas através do debate espontâneo), com o objetivo de explicitar as concepções prévias. Estas concepções foram utilizadas para elaborar e reformular as situações-problema teóricas avaliativas. Vergnaud (2007) afirma que na resolução de situações teóricas, os sujeitos enunciam os objetos de pensamento, suas propriedades e suas operacionalidades nas situações.

2. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

Esta pesquisa analisa a formação de professores através do PIBID/IFRS no CEJC do período de 2011 (início do programa na escola, totalizando 30 reuniões), até setembro de 2013, através de resultados apresentados entre agosto a setembro de 2013, por quatro alunos graduandos, que participam do programa desde o seu início. Neste período específico (agosto a setembro de 2013), ocorreram quatro reuniões com duração de uma hora, aproximadamente, com a participação destes graduandos com o supervisor. Os resultados desenvolvidos neste período (protocolos para aula experimental) para resolver situações-problema avaliativas, foram analisados.

Foram elaboradas e aplicadas situações-problema avaliativas (1 e 2) para identificar as concepções prévias relacionadas ao campo conceitual de “aprendizagem”, através dos conceitos de “pedagogia tradicional” e “pedagogia construtivista”. As respostas foram analisadas de acordo com a TCC, isto é, identificando os invariantes operatórios (conhecimentos em ação) propostos para resolver as situações-problema avaliativas 1 e 2. Também foi analisada a adequação das situações-problema propostas e a mediação do professor neste contexto de pesquisa. Na resolução da situação-problema 1 e 2 é proposto um protocolo de aula experimental que deverá ser entregue aos estudantes da escola. O protocolo deve conter objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Abaixo da resolução da situação-problema 1 e 2 estão os invariantes operatórios. Na resolução da situação-problema 1 e 2, os conhecimentos em ação dos graduandos estão melhor explicitados na proposta dos itens “resultados” e “conclusões”, portanto os itens “objetivos” e “metodologia” não foram transcritos:

Situação-problema avaliativa 1:

1. Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem das interações entre as moléculas, onde deverão constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas ao resultado e conclusões que mobilizem os conhecimentos dos alunos para a aprendizagem deste conceito.

Abaixo a resolução da situação-problema 1 na forma de proposta de ensino para os alunos da escola (protocolo para aula experimental):

Protocolo experimental sobre Interações Moleculares

- 1.A mistura formada é homogênea ou heterogênea?
- 2.Como você explica o fato de água e óleo não se misturarem?
- 3.A água e o álcool se misturaram? Por quê?
- 4.Qual foi a substância que evaporou primeiro? Qual a que mais demorou?
- 5.Qual tem interação intermolecular mais forte?
- 6.Qual tem a interação intermolecular mais fraca?

Possíveis invariantes operatórios na resolução da situação-problema avaliativa 1:

| |
|---|
| 1. A mistura formada pode ser homogênea ou heterogênea. |
| 2. Pode-se explicar o fato da água e o óleo não se misturam. |
| 3. Existe uma explicação sobre a mistura do álcool com a água. |
| 4. Substâncias podem evaporar rapidamente ou não. |
| 5. As substâncias apresentam interações intermoleculares de intensidades diferentes |

Situação-problema avaliativa 2:

| |
|--|
| 2. Desenvolver um protocolo para aula experimental sobre substâncias iônicas e moleculares frente aos efeitos das variações da temperatura e solubilidade; este deverá constar de objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas ao resultado e conclusões que mobilizem os conhecimentos prévios dos alunos para a reflexão dos resultados da experimentação e dos conceitos que foram trabalhados em sala de aula. |
|--|

Abaixo, a resolução da situação-problema 2 na forma de proposta de ensino para os alunos da escola (protocolo para aula experimental):

Protocolo experimental sobre Substâncias Iônicas e Moleculares frente ao aquecimento, polaridade e solubilidade:

1.Considerando o aquecimento das substâncias no procedimento I, explique, levando em conta o tipo de ligação química, o tipo de força intermolecular. Quais as diferenças de comportamento observadas?

2.Pode-se observar que o iodo é uma substância que sublima? Busque no dicionário o significado desta palavra. Todas as substâncias moleculares volatilizam? Justifique a sua resposta

3. Apesar de termos aquecido o cloreto de sódio, não foi possível observar sua fusão. Todas as substâncias iônicas têm ponto de fusão tão elevado quanto o Na Cl? Justifique.

4. Explicar o comportamento observado no procedimento II da prática, levando em conta o tipo de ligação química, a polaridade ou não das substâncias usadas e, conseqüentemente, suas forças intermoleculares.

5. Se utilizássemos como solventes: água, álcool metílico (CH_3OH), hexano (C_6H_{14}) e sulfeto de carbono (CS_2) e como solutos: gasolina, amônia (NH_3), enxofre (S) e cloreto de amônio (NH_4Cl), quais seriam os resultados encontrados? Por quê?

Possíveis invariantes operatórios na resolução da situação-problema avaliativa 2:

| |
|---|
| 1. Explica-se o tipo de força intermolecular e o tipo ligação química considerando-se o aquecimento das substâncias no experimento I. |
| 2. Observando-se o experimento I, identifica-se diferenças de comportamento. |
| 3. Pode-se ou não observar que o iodo é uma substância que sublima. |
| 4. No dicionário encontra-se o significado da palavra sublima. |
| 5. As substâncias moleculares volatizam ou não. |
| 6. Deve-se justificar estas afirmações. |
| 7. Não foi possível observar a fusão do cloreto de sódio apesar de seu aquecimento. |
| 8. Deve-se justificar se todas as substâncias iônicas têm ponto de fusão tão elevado quanto o Na Cl. |
| 9. Deve-se explicar o comportamento observado no procedimento II da prática, levando em conta o tipo de ligação química, a polaridade ou não das substâncias usadas e, conseqüentemente, suas forças intermoleculares |
| 10. Utilizando diferentes solventes e solutos encontra-se diferentes resultados que podem ser explicados |

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RELATO

Na resolução da situação-problema 1, alguns invariantes operatórios propõem a formação do conhecimento pelo aluno a partir da experimentação, não direcionando a reflexão da experimentação a partir dos conhecimentos prévios, como por exemplo: “A mistura formada pode ser homogênea ou heterogênea.”; “Substâncias podem evaporar rapidamente ou não”; “As substâncias apresentam interações intermoleculares de intensidades diferentes.” Estes invariantes indicam uma concepção empirista de formação do conhecimento. Ao mesmo tempo, trazem conceitos já elaborados, como por exemplo, “mistura”; “homogêneo”; “heterogêneo”; “intermoleculares”. Não ocorrem invariantes que indiquem, na resolução da situação 1, a elaboração destes conceitos a partir da reflexão sobre a experimentação, dos conhecimentos prévios com o novo conceito. São invariantes que apresentam uma proposta de formação de conhecimento empirista e ao mesmo tempo, em sua estrutura trazem conceitos “prontos”, indicando uma concepção racionalista. É uma proposta de ensino que está relacionada à pedagógica tradicional, pois não ocorrem invariantes que indiquem uma problematização dos conceitos a partir da interação reflexiva dos conhecimentos novos e prévios, e estes com a experimentação.

Na resolução da situação-problema avaliativa 2, alguns invariantes operatórios também indicam a compreensão da formação do conhecimento a partir da experimentação. Eles não propõem a reflexão da experimentação a partir dos conhecimentos prévios, como por exemplo, “Explica-se o tipo de força intermolecular e o tipo ligação química considerando-se o aquecimento das substâncias no experimento I.”; “Observando-se o experimento I, identifica-se diferenças de comportamento”; “Pode-se ou não observar que o iodo é uma substância que sublima”; “Não foi possível observar a fusão do cloreto de sódio apesar de seu aquecimento”; “Deve-se justificar se todas as substâncias iônicas tem ponto de fusão tão elevado quanto o Na Cl.”. Já a combinação destes dois invariantes, “Pode-se ou não observar que o iodo é uma substância que sublima” e “No dicionário encontra-se o significado da palavra sublima”, indica que o graduando, além de entender que a conceituação de “sublimar” ocorrerá a partir de observação da experimentação sem relação com o conhecimento prévio e estes, com o novo conceito - sublimar – (concepção empirista), o 2º invariante indica uma concepção racionalista de conhecimento, pois este não interage com a concepção prévia

e a experimentação e estes com o novo conceito “sublimar”. Propõe o novo conceito desconectado de qualquer problematização, isto é, uma situação que possua elementos – conceitos – que promova o novo. O invariante “Deve-se explicar o comportamento observado no procedimento II da prática, levando em conta o tipo de ligação química, a polaridade ou não das substâncias usadas e, conseqüentemente, suas forças intermoleculares.”, propõe a construção do novo conhecimento a partir da experimentação, mas como não são mencionados os conhecimentos prévios este invariante indica uma concepção empirista e também racionalista, pois traz conceitos “prontos” que não estão inseridos em situações que lhe darão significado. Vergnaud (1990) afirma que o conceito é composto por situações que lhe darão significado, invariantes operatórios (a operacionalidade), e os símbolos (a representação do conceito).

As situações-problema avaliativas 1 e 2 se mostraram ineficazes na promoção de invariantes que indiquem uma aprendizagem sobre o conceito de “pedagogia construtivista”. Deve-se indicar com maior clareza a estrutura conceitual destas situações para que interajam com as estruturas cognitivas dos graduandos em relação ao campo conceitual de “aprendizagem”. Nestas estruturas cognitivas prévias, estão os invariantes do conceito de “pedagogia tradicional” e, talvez de “pedagogia construtivista”, mas este não foi o caso, neste experimento. As situações devem conter em sua estrutura conceitual elementos (teoremas e conceitos em ação) que promovam o significado de “pedagogia construtivista” a partir das concepções prévias relacionadas à pedagogia tradicional, indicando uma evolução conceitual sobre o campo conceitual de “aprendizagem”. O fato da não produção de invariantes relacionados ao aprendizado da “pedagogia construtivista” pode ser explicado pelo número reduzido de reuniões que ocorreram neste período (quatro) e pela infreqüência dos graduandos nestas reuniões. É nas reuniões que deverá ocorrer a mediação do professor na apresentação de situações que estimulem o debate, “... os experimentos de pensamento e as analogias, as discussões dirigidas... (KREY e MOREIRA, p. 597, 2009)” Deve também ser investigado como se dá a interação dos professores das IES do PIBID, responsáveis pela integração do saber acadêmico com o saber construído na escola pelos graduandos do PIBID. Segundo Vergnaud (1983), se quisermos que os alunos dominem progressivamente um campo conceitual, novos problemas e propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos, pois a aprendizagem ocorre em longo período de

tempo. As dificuldades conceituais são superadas na medida em que são identificadas e confrontadas.

Segundo Ausubel (1980), o conhecimento prévio é o elemento cognitivo mais importante para a aprendizagem significativa. Ao mesmo tempo, se para este futuro professor é suficiente a sua compreensão da matéria de ensino, não haverá a preocupação de “tensionar” estes conhecimentos através de situações problemáticas significativas. É através da resolução destas situações que o estudante formulará uma hipótese para dar conta do problema proposto pelo professor. Esta hipótese é a tentativa de resolver o problema, o conhecimento construído, o conceito elaborado, que poderá estar correto ou inadequado cientificamente. Segundo Grossi (2008), aprender é formular hipóteses.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se o professor compreender o conhecimento como algo “pronto”, que pode ser “transmitido”, não importando a “bagagem” conceitual que o aluno traz, este futuro professor estará apto a desenvolver a pedagogia tradicional, empírica ou racionalista, dependendo de como este professor percebe a origem do conhecimento. Em uma atividade de ensino teórica, se a ideia que o professor traz do conceito a ser ensinado, é a que prevalece, identificamos a concepção racionalista do conhecimento. Já em uma atividade de ensino prática, por exemplo, no laboratório, se não for questionado as concepções prévias para analisar o que foi observado na experimentação, temos uma concepção empírica do conhecimento. Esta concepção indica erroneamente que o conhecimento se origina dos resultados observáveis da experimentação, e não da representação mental que o sujeito elabora para explicar os resultados. De acordo com a psicologia cognitiva, o sujeito não capta o mundo diretamente, ele o representa mentalmente (JONHSON-LAIRD, 1983), e esta representação está impregnada de conhecimentos anteriores, pois a nossa mente não é um “papel em branco”. É necessário também que o professor elabore situações com estruturas conceituais que tensionem o novo conhecimento, relacionando-o com a experimentação e a concepção prévia. Nas questões do protocolo experimental para a explicitação dos conceitos pelos estudantes, se estas situações trouxerem conceitos novos “prontos”, sem que estimulem a

construção destes a partir da reflexão de conceitos prévios com o que foi observado na experimentação e o novo conceito que se quer ensinar, este protocolo terá uma concepção racionalista da aprendizagem. Ambas as concepções de conhecimento, embasam epistemologicamente a pedagogia tradicional. A pedagogia construtivista sustenta-se pela interação do pensamento empírico-racionalista. A TCC é uma teoria pós-construtivista, por enfatizar a construção de conhecimentos novos a partir da estrutura conceitual do conhecimento prévio em situações-problema significativas, através da mediação do professor.

Os futuros professores devem participar de situações de pesquisa em todo o processo de sua formação, aprendendo a tomar decisões e a compreender a ciência como a busca pelo conhecimento nunca acabado (GALLIAZZE 2003) Esta afirmação se enquadra à prática docente, pois a aprendizagem é um processo não de verdades estabelecidas, mas de construção nas mentes de cada aluno de seus significados, através das interações na sala de aula.

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)**. Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 20 nov. 2013.

GALIAZZI, M. C. **Educar pela pesquisa: ambiente de formação de professores de ciências**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

GAUCHE, R.; SILVA, R. R.; BAPTISTA, J. A.; SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; MACHADO, P. F. L. Formação de professores de química: concepções e proposições. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 26-29, 2008.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações**. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1983.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat. Am. J. Phys. Educ**, v.3, n.3, p. 595-605, 2009.

NÓVOA, A. Novas disposições dos professores: A escola como lugar da formação. Conferência. In: **II Congresso de Educação do Marista de Salvador**, 2003.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

SANTOS, W. L. P.; GAUCHER, R.; MÓL, G. S.; SILVA, R. R.; BAPTISTE, J. A. Formação de professores: uma proposta de pesquisa a partir da reflexão sobre a prática docente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 8, p. 1-14, 2006.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v.10, n.23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. **Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique**. La Londe les Maures, França, 1983.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. and CONFREY, J. (Org.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 285-302, 2007.

**6 3 THE EVALUATION FROM THE PERSPECTIVE OF CONCEPTUAL
FIELDS OF VERGNAUD: A STUDY OF THE TEACHING-LEARNING OF
SCIENCES IN DIFFERENT LEVELS**

*A AVALIAÇÃO NA PERSPECTIVA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD:
UM ESTUDO DO ENSINO-APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS EM DIFERENTES
NÍVEIS*

Karen Cavalcanti Tauceda³⁶

José Cláudio Del Pino³⁷

RESUMO

O presente artigo discute a avaliação escolar como uma metodologia para o ensino-aprendizagem em ciências, na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud (1990), isto é, os conceitos construídos a partir da reflexão em situações-problema avaliativas e significativas, em situações de ensino que promovam a sua explicitação (debate com negociação de significados, exemplos, analogias). Foram analisados os resultados desta aprendizagem em contexto avaliativo, no qual são priorizadas as interações dos sujeitos (professor/alunos), na resolução de problemas significativos. As respostas para resolver as situações-problema são as hipóteses que deverão ser confrontadas com outras situações-problema, na busca de uma aproximação com os conceitos científicos. A avaliação não é um fim em si mesma,

³⁶ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

³⁷ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

mas uma estratégia investigativa para a elaboração de conhecimentos de ciências. Nesta pesquisa (março de 2011 a dezembro de 2013), as avaliações foram analisadas em diferentes contextos: na escola (aproximadamente 150 estudantes de ensino médio, na disciplina de biologia, Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, Brasil), e na formação inicial de professores (quatro graduandos de Licenciatura em Ciências da Natureza - Química e Biologia, IFRS/campus Porto Alegre), participantes do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência). A aprendizagem ocorre quando as situações (de ensino e avaliativas), promovem a relação dos conhecimentos prévios com os conceitos escolares. Nesta convergência, há uma ressignificação dos conceitos. Na pedagogia tradicional, este novo conhecimento é considerado “erro”, devendo ser esquecido para reproduzir o conhecimento do professor. Na TCC, é considerado um “momento” do processo da aprendizagem, pois esta é contínua. Estes “erros” são as concepções prévias na TCC, e pontuam toda a evolução conceitual. Na aprendizagem dos conceitos de biologia na escola, a proposta avaliativa 1 (situações-problema) foi elaborada para identificar as concepções prévias. As demais propostas consideraram os elementos conceituais que foram identificados na proposta avaliativa 1, e os elementos conceituais da matéria de ensino. As dificuldades de aprendizagem foram decorrentes da não inclusão, nas situações-problema avaliativas, de estruturas conceituais prévias que promovessem o novo conceito. Já na aprendizagem de conceitos relacionados à formação de professores de ciências, as propostas avaliativas de ensino para a explicitação dos conceitos (debate, problematizações), foram em número reduzido, dificultando a reflexão, pelos graduandos, das situações-problema avaliativas. Na TCC, a dificuldade da aprendizagem não recai sobre o aluno, mas no processo que promoveu esta aprendizagem (situações-problema e de ensino). Deve-se então reformular as situações.

Keywords: evaluation, conceptual field, science teaching, teacher training, problem situations

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

*Artigo aceito para ser apresentado no 5º Encontro Nacional De Aprendizagem
Significativa (5º Enas) – Belém, Pará, 01 A 05 de setembro de 2014.*

6 4 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL E A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DO PIBID

Karen Cavalcanti Tauceda³⁸

José Cláudio Del Pino³⁹

RESUMO

Este artigo propõe uma discussão sobre a formação de professores de ciências, através de resultados encontrados em uma pesquisa (que faz parte de um estudo mais amplo de doutorado), que foi realizada em 2012, em parceria com o PPG Educação em Ciências-UFRGS/PIBID-IFRS-campus Porto Alegre/Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Analisou-se os resultados, integrando os referenciais da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria dos Campos Conceituais, focando alguns aspectos destas teorias, como por exemplo, as concepções prévias e as situações-problema significativas. É importante que os futuros docentes compreendam estes conceitos, considerando que o PIBID propõe-se a contribuir para uma formação teórica, cuja prática, diferencie-se da tradicional. Constatou-se que os licenciandos não indicam compreensão acerca dos princípios básicos da aprendizagem significativa e dos campos conceituais. A hipótese aqui apresentada é que, provavelmente, houve falta de reflexão-ação para explicitar os conhecimentos em ação, isto é, conhecimentos prévios, cujas estruturas conceituais são necessárias na elaboração de situações-problema significativas para a conceituação em uma aprendizagem significativa.

³⁸ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

³⁹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

Palavras-chave: conhecimentos prévios, situações-problema significativas, PIBID, formação de professores de ciências, reflexão-ação.

Abstract

This article proposes a discussion about the training of science teachers, through results found in a search (which is part of a broader study of doctorate), which was held in 2012 in partnership with the PPG Science Education-UFRGS/PIBID-IFRS-campus Porto Alegre/State College Julio de Castilhos. We analyzed the results by integrating the references in of the Theory of Meaningful Learning and Theory of Conceptual Fields, focusing on some aspects of these theories, such as for example, the prior conceptions and the problem situations significant. It is important that future teachers understand these concepts, whereas the PIBID proposes to contribute to a theoretical training, whose practice, differentiates itself from the traditional. It was found that the licensees do not indicate understanding about the basic principles of meaningful learning and conceptual fields. The hypothesis presented here is that, probably, there was a lack of action-reflection in order to make explicit the knowledge in action, that is, previous knowledge, whose conceptual structures are necessary in the preparation of problem situations significant for the conceptualization in a meaningful learning.

Keywords: prior knowledge, problem situations significant, PIBID, training of teachers of science, action-reflection.

1 - INTRODUÇÃO

Os modelos de formação inicial presentes hoje, levam em consideração a disjunção entre o saber e o saber fazer, a forma e o conteúdo (SAVIANI, 2009). A dissociação nestes aspectos indissociáveis da função docente, produz um problema para o professor. Para este mesmo autor, esta dissociação foi resultado de um processo de abstração do ato docente, logo para revertê-la, deve-se considerar o ato docente como um fenômeno concreto que ocorre no interior das escolas. Nesta mesma linha de raciocínio, Nóvoa (1992) também considera que a formação da identidade dos

professores é produzida na análise do ensino no contexto real de sala de aula, no chamado paradigma processo-produto.

O contexto em que são produzidos os conhecimentos dos futuros professores, muitas vezes carecem de situações que promovam a relação entre a teoria pedagógica com a prática docente. A compreensão acerca dos conceitos pedagógicos a partir da experiência na sala de aula é fundamental para que a atuação dos futuros docentes seja diferente daquela do ensino tradicional. Este ensino enfatiza a “decoreba”, baseada na memorização, onde há reduzida produção de significados pelos estudantes, pois os novos conhecimentos (da matéria de ensino) são pouco compreendidos.

A aprendizagem das teorias pedagógicas, portanto, fundamentará as práticas de ensino, cujos objetivos são também promover nos estudantes das escolas, a aprendizagem dos conceitos de ciências. Por exemplo, uma das teorias pedagógicas que tem orientado muitas pesquisas na área de educação em ciências é a da aprendizagem significativa de David Ausubel. Segundo Moreira (2006) e Ausubel et al. (1980), esta aprendizagem é o resultado da interação cognitiva não-arbitrária e não literal entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, relevante (subsunçor) da estrutura cognitiva do sujeito. Para ocorrer esta interação, o novo conhecimento deverá compartilhar significados com os conhecimentos prévios, isto é, ele deverá ser potencialmente significativo.

Na aprendizagem significativa, ao contrário do que ocorre na aprendizagem “mecânica” do ensino tradicional, o estudante não é um receptor passivo. Segundo Moreira (2005), ele compreende os significados dos materiais educativos a partir dos significados que já internalizou. Nesse processo de produção do conhecimento, diferencia a sua estrutura cognitiva, assim como faz uma reconciliação integradora, ao identificar semelhanças e diferenças em seu conhecimento.

No contexto educativo atual, com ampla utilização de estratégias compartilhadas pelo ensino tradicional, é importante repensar a formação inicial e continuada, a partir das práticas pedagógicas e docentes (PIMENTA, 2002). O PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), é uma política pública instituída a partir de 2007, que insere-se nesta realidade educacional complexa, atuando no processo de formação dos professores.

O programa incentiva a carreira do magistério, proporcionando bolsas de iniciação a graduandos de cursos de licenciatura presenciais, para estágio em escolas públicas, com IDEB abaixo da média nacional. Propõe-se a articular as teorias pedagógicas que os futuros docentes discutem nas universidades com as práticas desenvolvidas na escola, e esta, é a principal contribuição para a formação inicial do professor (BRASIL, 2013). Mais do que isto, sugere formar um professor investigativo, nos moldes de que Schön propõe. Segundo Brasil (2010), o PIBID tem como objetivo inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar, que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem.

2 - MARCO TEÓRICO

O sujeito redefine e significa os conhecimentos ensinados à luz de seus conhecimentos anteriores. Estes conhecimentos (prévios) também serão modificados pela interação com os novos conhecimentos, pois o conhecimento prévio adquire novos significados pela interação com os novos (MOREIRA, 2005). Neste processo de aprendizagem, o sujeito modifica o novo conhecimento que adquiriu, pois ao mesmo tempo, ele é modificado (suas estruturas cognitivas prévias) por este novo conhecimento. Nesta dinâmica cognitiva, o prévio e o novo se tornarão simplesmente, “o conhecimento do sujeito”, com significados diferentes pela compreensão, e não simplesmente pela memorização. A memorização é importante para a aprendizagem, mas não é suficiente para produzir significados.

Algumas vezes, o conhecimento produzido apresentará continuidade com o significado anterior, outras, indicará uma ruptura (por exemplo, na aprendizagem sobre a evolução, em todos os níveis – molecular, celular, espécies, ecológica, social - deve-se romper com alguns conceitos metafísicos e idealistas). O conhecimento do sujeito no processo da aprendizagem irá tornar-se o “prévio”.

Segundo Ausubel (1963) o conhecimento prévio (a estrutura cognitiva do aprendiz) é a variável mais relevante para a aprendizagem significativa, pois só

aprendemos a partir do que já conhecemos. Em termos de prática docente, deve-se identifica-lo e desenvolver o ensino de acordo.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud também considera as concepções prévias dos estudantes fundamentais para a aprendizagem significativa dos novos conceitos (AUSUBEL et al., 1980). Para que ocorra esta aprendizagem, o professor deverá promover a interação entre as concepções prévias com os novos conceitos. Para isto, deve propor situações-problema que os estudantes compreendam como um problema (isto é, que sejam significativas). A estrutura conceitual da situação-problema deve conter elementos prévios e novos. O professor também precisa propor situações de ensino (debates para negociação de significados, comparações, analogias), que favoreçam a explicitação das concepções prévias e os conhecimento-em-ação em evolução. Estes, quando identificadas, devem compor as situações-problema significativas. Através deste “diagnóstico”, o professor poderá aprimorar as situações para a promoção de conhecimentos mais próximos dos científicos. Portanto, a teoria dos campos conceituais considera que o conhecimento é moldado pelas situações e problemas previamente compreendidos ou de nossa experiência tentando compreendê-las. Este conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais (VERGNAUD, 1996). Podemos considerar então que o conhecimento construído apresenta uma importante conexão com as situações-problema (contexto), e estas, com os conhecimentos prévios. Só assim estas situações serão significativas.

O objetivo deste trabalho é refletir sobre a formação de professores de ciências através do PIBID, no contexto desta pesquisa, nos referenciais da aprendizagem significativa e da TCC, através da análise dos conhecimentos produzidos pelos licenciandos (invariantes operatórios), na resolução de situações-problema (produção de protocolos para aulas experimentais para os estudantes da escola). Propõe-se, a partir desta análise, discutir quais as contribuições do PIBID, para o desenvolvimento, nos futuros professores, de uma pedagogia diferente da tradicional. São refletidas alternativas para o PIBID, que contemplem a aprendizagem significativa e a TCC (e que fundamentam muitas pesquisas na área de educação em ciências). Ambas teorias partem do pressuposto que o sujeito utiliza seus conhecimentos “subsunçores” (senso comum, de ensino), durante a aprendizagem, e, segundo a TCC, o elemento conector entre o novo conceito e o subsunçor é a situação-problema, que promoverá a complexidade e a

progressividade dos conceitos. Esta situação, também deverá ser significativa, isto é, o sujeito deve apresentar subsunções para compreendê-la como um problema.

3 - METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período entre julho a dezembro de 2012 (totalizando dez reuniões com 60 minutos de duração, aproximadamente), com oito graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Porto Alegre – Curso de Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia participantes do PIBID, que realizavam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, RS.

Estes graduandos, com idade entre 20 a 30 anos, estavam desenvolvendo atividades no CEJC relacionadas ao PIBID, desde março de 2011 (início do programa na escola e período no qual o supervisor e pesquisador, autor deste estudo, ainda não participava do PIBID), e frequentavam na época da pesquisa, o 4º e o 5º semestre (de um total de oito semestres) do curso de licenciatura.

O grupo participou do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino (protocolos e kits para aulas experimentais), relatos para serem discutidos na escola e em eventos científicos e planos de trabalho e relatórios, relativos ao andamento das atividades, para a coordenação e supervisores.

Os graduandos desenvolveram suas atividades nas aulas de dois professores de biologia (um professor era colaborador do PIBID, isto é, não bolsista, e o outro fazia parte do programa), em turmas de 1º ano do ensino médio: duas turmas no turno da tarde (faixa etária entre 14 a 18 anos aproximadamente) e uma turma no turno da noite (faixa etária entre 17 a 22 anos aproximadamente).

Os resultados (protocolos para aula experimental com invariantes operatórios – conhecimentos em ação) para resolver situações-problema avaliativas, foram analisados de acordo com os referenciais da aprendizagem significativa e da TCC, ambas teorias pedagógicas construtivistas, amplamente discutidas na academia. Portanto, as situações-problema avaliativas (1, 2 e 3), promoveram a explicitação das concepções prévias

relacionadas a este campo conceitual (pedagogia construtivista), e a sua evolução, indicando elementos para a discussão sobre o processo formativo dos professores de biologia, participantes do PIBID. Também foram analisadas, a adequação das situações-problema propostas e a mediação do professor, esta, representada pelas reuniões quinzenais com o grupo.

Na resolução da situação-problema avaliativas, é proposta a elaboração de um protocolo de aula experimental (prática), que deverá ser entregue aos estudantes da escola. O protocolo deve conter objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Os conhecimentos em ação dos graduandos, estão melhor explicitados na proposta de protocolo no item “conclusões”. É neste momento, que o graduando exercita na prática os seus conhecimentos teóricos, compreendidos e assimilados em suas estruturas cognitivas, acionados pelas situações-problema avaliativas e as situações para debate, propostas durante as reuniões com o grupo.

No PIBID/IFRS/CEJC, as reuniões eram quinzenais, com a participação dos graduandos, professor supervisor e professor supervisor/pesquisador, e tinham como objetivo principal, definir os protocolos para as aulas práticas

As reuniões que ocorreram no período da pesquisa, enfatizaram a discussão e o debate das propostas de ensino, isto é, os protocolos experimentais e a reflexão sobre as interações na sala de aula antes e depois da aplicação do protocolo, considerando o “processo” na produção dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. O objetivo do debate é, segundo Krey e Moreira (2009), tornar os conhecimentos implícitos em explícitos, através da negociação de significados, exemplos, comparações na apresentação de situações problema que promovam o questionamento e a formulação de hipóteses para resolver as situações-problema relacionadas às atividades dos graduandos.

Estas discussões foram organizadas em situações-problema teóricas (que não serão descritas no trabalho, por serem variáveis, isto é, são direcionadas através do debate espontâneo), com o objetivo de explicitar as concepções prévias. Estas concepções foram utilizadas para elaborar e reformular as situações-problema teóricas avaliativas. Vergnaud (2007) afirma que na resolução de situações teóricas, os sujeitos enunciam os objetos de pensamento, suas propriedades e suas operacionalidades nas situações.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo, as situação-problema avaliativas 1, 2 e 3, os seus objetivos e as suas resoluções, na forma de propostas de ensino (protocolos para aula experimental) e em seguida, os possíveis invariantes operatórios:

1.Situação-problema avaliativa 1: Desenvolva um protocolo para a aula prática que promova a reflexão dos conhecimentos anteriores dos alunos relacionados aos tipos de células existentes (unicelular/pluricelular/animal/vegetal). O protocolo deverá conter objetivos, materiais metodologia, resultados e conclusões.”

O objetivo desta questão é tensionar os conhecimentos dos licenciandos com relação a importância de investigar as concepções prévias dos alunos no início do processo de aprendizagem de determinado campo de conhecimento. Esta situação deverá evidenciar, se o licenciando compreende a construção do conhecimento, através da tensão promovida por problemas significativos, isto é, que contenham elementos cognitivos prévios.

Resolução da situação-problema avaliativa 1:

Protocolo para Aula prática - Células

- 1) Diferencie a célula animal da célula vegetal pelas estruturas: membrana plasmática, cloroplasto, parede celular, carioteca, núcleo.*
- 2) O que é uma célula eucarionte? O que é uma célula procarionte?*
- 3) Qual a função dos cloroplastos na célula vegetal?*
- 4) Qual a importância da parede celular?*

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. A célula animal e a célula vegetal podem ser diferenciadas pelas estruturas da membrana plasmática, cloroplasto, parede celular, carioteca e núcleo. |
| 2. A célula eucarionte pode ser definida assim como a célula procarionte. |
| 3. Na célula vegetal, os cloroplastos apresentam uma função. |
| 4. A parede celular tem uma função. |

Na resolução da situação-problema 1, não são encontrados invariantes (conhecimentos em ação) que indiquem uma investigação das concepções prévias dos alunos da escola ou invariantes que “tensionem” as concepções prévias através da interação com os novos conceitos. Estes invariantes também não mostram nenhuma organização sequencial. Segundo Moreira (2006), este é o princípio programático que considera as dependências sequenciais naturais da matéria de ensino.

Esta organização sequencial poderia ser obtida, se os licenciandos promovessem situações-problema significativas, que considerassem o campo conceitual do conhecimento que se quer ensinar, a célula, em relação aos conhecimentos prévios dos alunos. O campo conceitual para Vergnaud (1982), é um conjunto de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros durante o processo de aquisição. O que se percebe, na estrutura dos invariantes produzidos, são conceitos “prontos”, abstratos, sem nenhuma relação com situações que lhes signifiquem, como por exemplo “A parede celular tem uma função” e “A célula eucarionte pode ser definida assim como a célula procarionte”.

Situação-problema avaliativa 2: Desenvolver uma atividade para aula prática onde serão investigadas as concepções prévias dos estudantes sobre o núcleo celular, através de problemas que, na sua resolução, promovam uma interpretação dos conceitos relacionados às células, que foram trabalhados nas aulas teóricas e no laboratório.

Ao resolver esta situação-problema, o licenciando indica como ele compreende a importância da explicitação das concepções prévias dos estudantes (do 1º protocolo -

célula) e a sua utilização, para compor os problemas do 2º protocolo (núcleo celular) para a aula prática. Neste estágio de ensino, o licenciando deveria compreender que a aprendizagem relacionada ao núcleo celular ocorreria de forma significativa, se os problemas (situações) possuísem também conhecimentos prévios identificados na resolução da situação-problema avaliativa 1.

Resolução da situação-avaliativa 2:

Protocolo para aula prática - Núcleo celular

1. Ilustrar identificando a parede celular, núcleo e nucléolo (se presente).

Possível invariante operatório:

| |
|---|
| 1. A ilustração possibilita a identificação da parede celular, núcleo e nucléolo. |
|---|

Na resolução da situação-problema avaliativa 2, o invariante operatório novamente não indica coerência com o principal pressuposto da aprendizagem significativa, a promoção da “tensão” para a explicitação das concepções prévias em relação aos novos conceitos. Novamente, estes novos conceitos estão “prontos” (parede celular, núcleo, nucléolo) e não relacionados à situação-problema 2 que lhe dariam significados. Este invariante também não está coerente com a progressiva complexidade das situações que fazem parte da conceituação deste campo conceitual complexo, abstrato e amplo, que é a célula. As situações, segundo Moreira (2006), são os novos conhecimentos (conceitos), e estas, lhe darão sentido. Na resolução destas situações (que se baseará principalmente nas concepções prévias), o sujeito reelabora estas concepções. Neste processo interativo ocorrerá a aprendizagem significativa, em uma perspectiva de progressividade e complexidade.

| |
|---|
| Situação-problema avaliativo 3: Elabore um protocolo para aula prática com problemas que proponham uma reflexão sobre as concepções prévias dos conceitos trabalhados na sala de aula, relacionados à célula vegetal e ao seu metabolismo. Os problemas das atividades experimentais também devem considerar os vários |
|---|

conhecimentos que estão relacionados ao conceito da célula, considerando as relações entre estes conceitos, em uma abordagem investigativa a partir das concepções prévias dos alunos.

A resolução desta situação-problema propõe, além da explicitação das concepções prévias para elaborar os novos conceitos, a sua interação com os conceitos novos, subjacentes, proporcionando a complexidade e a progressividade do campo conceitual da célula. Também sugere a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, ao propor a explicitação da diversidade de conceitos e, ao mesmo tempo, a explicitação de suas relações. Segundo Moreira (2006), a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são, ao mesmo tempo, processos da dinâmica da estrutura cognitiva e princípios programáticos da organização da matéria de ensino. Moreira et al. (1997) afirma que a diferenciação progressiva considera que o detalhamento e especificidade devem ser posteriores à apresentação os conceitos mais gerais e inclusivos no início da instrução. Ao mesmo tempo, também explicitar relações entre conceitos e proposições, diferenças e similaridades relevantes (reconciliação integrativa).

Resolução da situação-avaliativa 3:

Protocolo para Aula Prática - Observação da célula vegetal - fotossíntese e cloroplastos

- 1) *A partir do que você observou como ocorre a fotossíntese?*
- 2) *Qual sua importância para as plantas?*
- 3) *Qual a relação entre o processo da fotossíntese e os cloroplastos?*

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. Podemos definir a fotossíntese a partir da nossa observação. |
| 2. A fotossíntese tem importância para as plantas. |
| 3. Existe uma relação entre o processo da fotossíntese e os cloroplastos |

Novamente, os invariantes não indicam a explicitação das concepções prévias, tampouco, a interação das possíveis concepções prévias com os novos conceitos, dificultando uma progressiva complexidade na evolução conceitual do campo conceitual da célula e a sua conceituação significativa. Estes invariantes também não explicitam uma diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os referenciais deste trabalho nos indicam em qual estágio de conceituação se encontram os licenciandos e se esta conceituação indica compreensão, isto é, uma aprendizagem significativa de conceitos relacionados à uma pedagogia diferenciada da tradicional.

Nesta pesquisa, não há indicativo de aprendizagem, na resolução das três situações-problema, do conceito de “aprendizagem significativa” e de “situações-problema significativas”, ambos conhecimentos importantes na TCC e da aprendizagem significativa. Este fato foi constatado pela ausência de invariantes operatórios (conhecimentos em ação) que indicassem a investigação dos conhecimentos prévios dos estudantes da escola em relação aos novos conceitos. Ausubel et al. (1980), considera que o conhecimento prévio é determinante no processo de aquisição de novos conhecimentos, pois ele influencia este processo. Vergnaud (1996) considera que muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações compreendidas

Não foi constatada uma progressiva complexidade nos conhecimentos em ação produzidos pelos licenciandos, na resolução das situações-problemas avaliativas, em relação à uma aprendizagem pedagógica diferente da tradicional, dita construtivista (Ausubel) e pós-construtivista (Vergnaud). Os invariantes, pelo contrário, explicitavam conceitos “prontos” (cloroplasto, núcleo, nucléolo, fotossíntese), sem um indicativo de conexão entre elementos cognitivos prévios e estruturas conceituais novas na resolução da situação problemática. Podemos considerar algumas hipóteses para explicar estes resultados:

1. Inadequações das situações-problema avaliativas propostas.

2. Estas inadequações podem ter sido resultado das poucas interações (situações de ensino) entre os sujeitos envolvidos no PIBID (licenciandos, professores supervisores e coordenadores), pois é através destas interações que ocorrem o debate das situações-problema, as negociações de significados, isto é, a explicitação das concepções prévias (que devem ser utilizadas para a elaboração das situações de ensino e avaliativas). Nesta explicitação, também tensiona-se o novo conhecimento em relação ao prévio, promovendo a evolução conceitual, que não foi identificada nesta pesquisa, diferentemente do que foi identificado no trabalho de Krey e Moreira (2009). Neste estudo, os autores promoveram uma aprendizagem significativa de determinados conceitos, utilizando a metodologia da TCC em licenciandos de física. Esta metodologia proporcionou, a estes graduandos, uma compreensão, não só de conceitos de física, como também, de conceitos relacionados à uma metodologia de ensino diferenciada, como é o caso da TCC.

As situações de ensino interativas, também apresentam potencial para a reflexão-ação, que segundo Schön (1992), é importante para que o professor reflita sobre a sua prática e a redirecione em frente às dificuldades do fazer docente.

É neste aspecto, principalmente, que o PIBID é necessário, pois o programa se propõe a desenvolver a interação reflexiva da prática dos futuros docentes com a teoria que se discute nas Instituições de Ensino Superior, cujos resultados seriam docentes com uma pedagogia nas salas de aula, diferente da tradicional.

O PIBID pode ser um espaço para a construção de conhecimentos em ação significativos, na perspectiva de Vergnaud e Ausubel, quando possibilita um debate reflexivo das ações dos futuros professores, nas escolas. Mas pode também servir para reproduzir práticas tradicionais, cujas fundamentações teóricas tem pouco em comum com aquelas discutidas na academia.

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

_____ ; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. **Decreto nº 7.219, de 24 de junho de 2010**. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 120, seção 1, p. 4-5, 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)**. Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 20 nov. 2013.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ**, v. 3, n. 3, p. 595-606, 2009.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, 1997, Burgos. **Actas do Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**, Burgos, España, 1997. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

MOREIRA, M. A. Aprendizaje Significativo Crítico. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, n. 6, p. 83-101, 2005.

_____. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2006, Madrid. **Actas do V Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**, Madrid, España, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisao critica.pdf>> Acesso em: 20 fev. 2014.

NÓVOA, A. Formação de Professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, p. 13-33, 1992.

PIMENTA, S. G. Formação dos professores: identidade e saberes na docência. In: PIMENTA, S. G. (Org.). **Saberes Pedagógicos e atividade docente**. São Paulo: Cortez, p. 15-34, 2002.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14 n. 40, p. 143-155, 2009.

SCHÖN, D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, p. 77-91, 1992.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J. e ROMBERG, T. **Addition and subtraction. A cognitive perspective**, p. 39-59. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982.

_____. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19 1996.

_____. En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? **Investigações em ensino de ciencias**, v. 12, p. 285-302, 2007.

6 5 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E A REFLEXÃO-AÇÃO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS ATRAVÉS DO PIBID

Karen Cavalcanti Tauceda⁴⁰

José Cláudio Del Pino⁴¹

RESUMO

Este trabalho propõe uma discussão sobre a formação inicial de professores no contexto do PIBID/IFRS, desenvolvido no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, Brasil, no período entre julho a dezembro de 2013. Busca-se refletir sobre algumas ações (confeção de protocolos para aulas práticas) em uma perspectiva de Schön, a reflexão-ação, e de Vergnaud, os campos conceituais, com o propósito de aproximar e “ressignificar” a teoria acadêmica da prática dos futuros docentes. Percebeu-se algumas dificuldades para a elaboração, pelos graduandos, do conceito “reflexão-ação”, e propõe-se algumas alternativas metodológicas, baseadas na Teoria dos Campos Conceituais, por exemplo, as situações-problema significativas em situações de ensino interativas.

Palavras-chave: campos conceituais, reflexão-ação, PIBID, formação de professores, ensino de ciências

⁴⁰ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁴¹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

OBJETIVO

A formação de professores de ciências, através do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), é analisada no contexto da Teoria dos Campos Conceituais (TCC). Investigou-se o potencial desta teoria/metodologia para a aprendizagem do conceito “reflexão-ação”, nas propostas de ensino para os estudantes da escola (protocolos para aula prática), que foram produzidos para responder as situações-problema significativas, isto é, como o professor, compreende a aprendizagem de seus alunos, e como ele organiza seus conhecimentos para dar conta destas situações-problema. Possíveis “convergências” de significados entre a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), e o modelo “reflexão-ação” de Schön também são discutidos.

MARCO TEÓRICO

Estudos relacionados à formação do professor de ciências, indicam a necessidade de elaborar um conhecimento docente a partir de uma prática crítico-reflexiva, ao invés de uma lógica racionalista técnica (FREITAS e VILLANI, 2002). É recente a análise pela didática profissional⁴², das atividades de ensino (PASTRÉ et al., 2006), e muitas pesquisas empíricas serão necessárias para explicitar em que a didática profissional pode contribuir para a análise da atividade do ensino (VERGNAUD, 1994; PASTRÉ, 2004).

Schön (1992), enfatiza que o conhecimento-na-ação é aquele utilizado efetivamente pelos professores em sua profissão, diferentemente do conhecimento teórico cientificamente produzido. Quando surgem novas situações, nas quais o conhecimento em ação que o professor possui não é apropriado para a situação, ele é levado a efetuar uma reflexão-na-ação. As situações onde deverão ocorrer a reflexão-na-ação, podem então apresentar um aspecto sociológico, e, segundo Acioly-Régnier e Monin (2009), um aspecto psicológico, como no caso dos esquemas de Vergnaud.

A TCC de Gérard Vergnaud, considera a aprendizagem como um processo interativo entre os conhecimentos (conceitos) e as situações potencialmente

⁴² Refere-se ao desenvolvimento de conhecimentos e práticas através do exercício da profissão de professor.

significativas que os tornam operacionais. Então, é uma proposta metodológica, onde os conhecimentos construídos, no processo de conceituação na resolução de situações-problema, tornam-se sempre uma reflexão, uma elaboração cognitiva para dar conta da nova situação problemática que é apresentada. Esta reflexão, é o conhecimento-em-ação, o conceito, hipótese, teoria, invariante operatório que o sujeito elabora para aplicar na prática, isto é, nas situações-problema. É a reflexão-na-ação.

As situações devem ser potencialmente significativas, o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar e enriquecer seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (Ausubel, 2000; Vergnaud, 1996).

Esta teoria também enfatiza a mediação do professor para a elaboração das situações-problema e situações de ensino que apresentem potencial para a discussão e debate de conhecimentos em ação (invariantes operatórios), tornando-os explícitos. Conhecimentos explícitos podem ser debatidos, os implícitos não (VERGNAUD, 1994).

Portanto, torna-se importante repensar a formação de professores de ciências a partir das práticas pedagógicas e docentes (PIMENTA, 2005). O PIBID, é uma política pública instituída a partir de 2007, que insere-se nesta proposta. Atua no processo de formação inicial e continuada dos professores articulando as teorias pedagógicas que os futuros docentes discutem nas universidades com as práticas desenvolvidas na escola (BRASIL, 2013).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período entre julho a dezembro de 2013 (totalizando dez reuniões com 90 minutos de duração, aproximadamente), com quatro graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Porto Alegre – Curso de Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia, participantes do PIBID, que realizavam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, Brasil.

Estes graduandos, com idade entre 20 a 30 anos, estavam desenvolvendo atividades no CEJC relacionadas ao PIBID, desde março de 2011 (início do programa na escola e período no qual o supervisor e pesquisador, autor deste estudo, ainda não participava do PIBID), e frequentavam na época da pesquisa, o 4º e 5º semestres (de um total de oito semestres) do curso de licenciatura.

O grupo participou do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo era a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino (protocolos e kits para aulas experimentais), relatos para serem discutidos na escola e em eventos científicos e planos de trabalho e relatórios, relativos ao andamento das atividades, para a coordenação e supervisor.

Os graduandos desenvolveram suas atividades nas aulas de biologia e química (1º ano do ensino médio no turno da noite, com alunos na faixa etária entre 17 a 22 anos aproximadamente), cujos professores eram colaboradores do PIBID (não bolsistas).

Os resultados foram analisados de acordo com a TCC: os protocolos para aula experimental (para ser entregues para os alunos da escola), produzidos para resolver situações-problema avaliativas (1 e 2). Nos protocolos, foram identificados possíveis invariantes operatórios (conhecimentos em ação), propostos para resolver as situações-problema avaliativas. A situação-problema avaliativa 1 promoveu a explicitação das concepções prévias relacionadas ao campo conceitual de “reflexão-ação”. A situação-avaliativa 2 foi reformulada para promover os invariantes operatórios relacionados às concepções prévias e ao conceito de “reflexão-ação”.

Foram transcritos os itens “resultados” e “conclusões” dos protocolos produzidos pelos graduandos, pois é neste momento que eles exercitam na prática os seus conhecimentos para resolver as situações problemáticas.

RESULTADOS

Abaixo, as resoluções das situações-problema avaliativas 1 e 2 na forma de propostas de ensino (protocolos para aula experimental) e em seguida, os possíveis invariantes operatórios.

Situação-problema avaliativa 1:

1. Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem da molécula orgânica “lipídio”, onde deverá constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas aos resultados e conclusões, que mobilizem os conhecimentos (prévios e novos) dos alunos para a aprendizagem deste conceito.

Resolução da situação-problema 1:

Protocolo para aula prática: Molécula Orgânica – Lipídios

Resultados: 1) Coloque na ordem crescente de mancha os alimentos testados, e explique o que aconteceu.

Conclusões: 1) O que são lipídios?

2) Cite 2 benefícios dos lipídios em nosso corpo.

Possíveis invariantes operatórios:

1. Há uma explicação em relação a característica de mancha deixada pelos alimentos.
2. Os lipídios podem ser definidos.
3. Os lipídios trazem benefícios pra o nosso corpo.

Situação-problema avaliativa 2:

1. Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem das funções inorgânicas, onde deverá ser proposto um problema para ser respondido ao longo do protocolo experimental. As perguntas relacionadas ao resultado e conclusões devem mobilizar os conhecimentos dos alunos (prévios e novos) para a aprendizagem deste conceito.

Protocolo para aula prática:

Funções Inorgânicas

Experimento 1:

1) A partir dos testes indicadores tornassol e fenolftaleína, construa um conceito para ácido, base e sal.

2) Indique a função (ácido, base ou sal) para as seguintes substâncias...

Experimento 2:

1) O que ocorreu no experimento $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$?

2) O que forma-se e qual o nome da reação entre ácido sulfúrico e o hidróxido de bário?

Abaixo, os possíveis invariantes operatórios dos experimentos 1 e 2:

| |
|---|
| 1. Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína. |
| 2. As seguintes substâncias apresentam função ácido, base ou sal. |
| 3. O experimento $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ pode ser explicado através da observação de seus resultados. |
| 4. É formado algo na reação entre ácido sulfúrico e o hidróxido de bário e esta reação tem um nome. |

CONCLUSÕES

No protocolo da molécula orgânica “lipídio”, o invariante operatório produzido no item “resultados”, sugere a interação com as ideias prévias dos estudantes, “Há uma explicação em relação a característica de mancha deixada pelos alimentos”; já os invariantes do item “conclusões”, “Os lipídios podem ser definidos” e “Existem benefícios dos lipídios pra o nosso corpo” não propõem uma interação com o invariante explicitado no item “resultados”, tampouco com as concepções prévias. A interação com as ideias prévias é importante para a aprendizagem significativa de novos conceitos (VERGNAUD, 1996). Segundo Ausubel (2000), os conhecimentos prévios são os elementos cognitivos determinantes para a aprendizagem. A ausência de invariantes que

indiquem relação de significados do item “resultados” com aqueles do item “conclusões”, sugere uma ruptura conceitual entre a prática (os conceitos explicitados no item “resultados”) e a teoria (os conceitos explicitados no item “conclusão”). Isto não condiz com o conceito de “reflexão-ação”, pois as teorias que os graduandos desenvolvem na academia são aqueles referentes a epistemologia do conhecimento (empirismo/racionalismo), que fundamentam-se na psicologia cognitiva, isto é, como a mente representa a realidade (JOHNSON-LAIRD, 1987) e como o sujeito aprende (VERGNAUD, 1990).

No protocolo de “funções inorgânicas”, o invariante “Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína produzido no experimento 1”, sugere concepções epistemológicas, ora empirista (construção dos conceitos baseados apenas nas observações, sem reflexão), ora racionalista, ao propor a aprendizagem de conceitos complexos e abstratos (ácido, base e sal), sem situações problemáticas (que envolvam estruturas conceituais prévias e novas). Segundo Vergnaud (1990), na resolução destas situações, o sujeito promove significados, conceitua.

A metodologia baseada na TCC, propõe a compreensão do “processo” da aprendizagem; ao mesmo tempo possibilita uma análise dos “produtos” desta aprendizagem, isto é, os possíveis invariantes operatórios. Nesta identificação, percebemos os significados que o sujeito atribui para aquele determinado conceito que ele está explicitando na resolução da situação-problema. Por exemplo, o invariante “O experimento $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ pode ser explicado através da observação de seus resultados”, indica que os graduandos compreendem que a construção dos conhecimentos dos estudantes ocorre pela observação dos resultados da experiência proposta. Nesta concepção, os alunos não apresentam concepções prévias), são uma “tabula rasa”. Esta visão empirista, indica dificuldade na compreensão do conceito “reflexão-ação”, pois a estrutura deste invariante não relaciona-se com os conceitos de teorias pedagógicas atuais, como por exemplo, teorias que afirmam ser importante considerar as concepções prévias para que, a partir delas, “construir” o novo conhecimento.

A TCC propõe uma reflexão a partir de situações-problema significativas, com o objetivo de elaborar conceitos mais próximos daqueles estudados pelos graduandos nas IES. O PIBID é o contexto onde poderá ocorrer esta problematização, no qual não

se limitará a “confirmar” as teorias pedagógicas vigentes, mas a transformá-las através da prática reflexiva.

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY-RÉGNIER, N. M.; MONIN, N. Da teoria dos campos conceituais à didática profissional para a formação de professores: contribuição da psicologia e da sociologia para análise de práticas pedagógicas. **Educação Unisinos**. v. 13, n. 1, p. 5-16, 2009.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)**, 2013. Disponível em: <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 10 set. 2013.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.

JOHNSON-LAIRD, P. Modelos mentais em ciência cognitiva. In: D. NORMAN (Org.) **Perspectivas de la Ciência Cognitiva**. Barcelona: Paidós, 1987, p. 179-231.

PASTRÉ, P. L'ingénierie didactique professionnelle. In: C. PHILIPPE; C. PIERRE (Orgs.) **Traité des sciences et des techniques de la formation**, p. 465-480. Paris: Dunod, 2004.

PASTRÉ, P.; MAYEN, P.; VERGNAUD, G. La didactique professionnelle: note de synthèse. **Revue Française de Pédagogie**, v. 154, n. 145, p. 198, 2006.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, S. G. et al. (Org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**, p. 15-34. São Paulo: Cortez, 2005.

SCHON, A. D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**, p. 77-92. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. and CONFREY, J. (Orgs.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. Education: the best part of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n. 2/3, p. 112-118, 1996.

Artigo aceito para ser apresentado no V Encontro Nacional de Ensino de Biologia/II Encontro Regional de Ensino de Biologia-1 Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo/SP, 8 a 11 de setembro de 2014.

6 6 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E A REESTRUTURAÇÃO CURRICULAR DO ENSINO MÉDIO NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ANÁLISE INICIAL A PARTIR DE SITUAÇÕES RELACIONADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS

Karen Cavalcanti Tauceda⁴³

Vladimir Magdaleno Nunes⁴⁴

José Cláudio Del Pino⁴⁵

RESUMO

O trabalho é uma reflexão sobre a proposta de reestruturação curricular do ensino médio, da Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul (SEDUC/RS), no referencial da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Na análise do conceito de “pesquisa como metodologia para o ensino médio” (um dos objetivos da proposta), produzido na resolução de situações prototípicas pelos sujeitos responsáveis pela execução da proposta (coordenadores pedagógicos e professores), buscou-se elementos conceituais relacionados a esta aprendizagem. Nos invariantes operatórios explicitados, não há indicativo de aprendizagem, provavelmente como consequência das situações prototípicas produzidas pelo contexto histórico-social, pois a produção conceitual apresenta muitos aspectos contextuais.

⁴³ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁴⁴ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

⁴⁵ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

Palavras-chave: campo conceitual, ensino de ciências, pesquisa como metodologia de ensino, formação de professores, ensino médio.

TEMA DE INVESTIGAÇÃO

O ensino básico no Brasil, principalmente o público, tem sido “diagnosticado” por diferentes programas (IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica; PISA - Programme for International Student Assessment; ENEM – Exame Nacional de Ensino Médio), como uma questão preocupante. A situação do ensino médio no Rio Grande do Sul reafirma esta realidade, identificada por estas avaliações: índices que mostram uma baixa qualidade de ensino.

Neste contexto, a Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul (SEC/RS), apresentou em 2011, uma proposta pedagógica para o Ensino Médio Politécnico e Educação Profissional integrada ao Ensino Médio, a “reestruturação do ensino médio”, cuja implementação ocorreu no início do ano letivo de 2012. Segundo RS/SE (2011), esta proposta, deve articular as áreas de conhecimento e suas tecnologias, com os eixos da cultura, ciência, tecnologia e trabalho, através de uma formação interdisciplinar “parte-totalidade”, como superação da fragmentação do conhecimento, enfatizando o aspecto social. A politecnia então, sugere que a prática social impulse o currículo. Com novas formas de seleção e organização de conteúdo, o currículo deve priorizar a interdisciplinaridade e a aprendizagem com significados. Na relação entre teoria e prática, propõe-se a valorização de conhecimentos do “saber popular” na produção do “conhecimento científico”, ao invés do ensino conteudista, sem compreensão. Resumindo, estabelece o conhecimento como uma construção social diferentemente da lógica formal das disciplinas, e isto, supõe a quebra de paradigmas, a partir do trabalho coletivo dos diferentes sujeitos do contexto escolar na produção de novas práticas e currículos. A proposta curricular também deve enfatizar “a pesquisa” por ser o “processo que, integrado ao cotidiano da escola, garante a apropriação adequada da realidade, assim como projeta possibilidades de intervenção” (RS/SE, 2011, p. 24).

No contexto programático enunciado acima, o objetivo deste artigo é discutir a implementação da proposta de reestruturação do ensino médio, no referencial teórico

dos campos conceituais, enfocando o aspecto da “pesquisa como princípio pedagógico do ensino médio”, enfatizado pela nova proposta curricular. A partir dos resultados encontrados, busca-se refletir sobre o “status quo” da proposta do governo em relação a este aspecto, isto é, quão distante estão as ideias dos sujeitos envolvidos em organizar esta proposta na escola, em termos de conceituações, daquelas relacionadas à implementação de um ensino diferenciado do tradicional, como é o caso da “pesquisa como princípio pedagógico”. Elabora-se algumas hipóteses relacionadas ao referencial dos campos conceituais, para explicar os conhecimentos em ação encontrados na resolução de situações prototípicas⁴⁶.

JUSTIFICATIVA

A proposta da SEDUC/RS, até certo ponto, foi debatida nas escolas. Mas o que perguntamos é: ela foi debatida o suficiente, e qual deveria ser a “formatação” deste debate, para que efetivamente, revertesse em mudanças das práticas pedagógicas? Estas práticas, muitas identificadas como “tradicionais”, não deveriam estar sendo refletidas a partir de conceitos relacionados às teorias pedagógicas? Na questão do tempo dispensado para o debate, Vergnaud (1983), enfatiza que a aprendizagem de conceitos (conhecimentos relacionados às situações), é um processo longo, que pode durar alguns anos, ou uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, concepções, procedimentos e significantes.

O debate da realidade escolar com os sujeitos envolvidos (governo/direções escolares/coordenações pedagógicas/professores), refletido nos pressupostos teóricos, não deveria ser o elemento de construção para uma “prática-reflexiva”, segundo a

⁴⁶ Diferentemente das situações-problema, organizadas, explicitadas e debatidas durante o ensino, e que devem considerar as concepções prévias e os conceitos científicos escolares, as situações ditas “prototípicas”, consideram um conceito geral que deverá ser problematizado, por exemplo a adição, e a partir deste conceito, a situação prototípica é enunciada: “A reunião de duas partes de um todo.” Portanto, é uma situação que antecede a formulação de um problema, a situação-problema: “Três meninas e quatro meninos estão em uma festa de aniversário. Ao todo, quantas crianças são?”. No caso deste estudo, a coordenação pedagógica sob orientação da SEDUC/RS, organizou as situações prototípicas, e a pesquisadora/autora elaborou as situações-problema para dar sentido às conceituações dos professores e identificar continuidades e rupturas. A ideia central defendida neste estudo é que além de ser uma proposta metodológica, a TCC segundo Vergnaud (2011, pag. 17), “...é uma proposta teórica em que o conteúdo conceitual específico das situações, dos enunciados e das representações simbólicas permite melhor captar as filiações e as rupturas.”

perspectiva de Shön (1995)? E esta prática-reflexiva, não seria necessária para que efetivamente as práticas docentes promovessem “o aluno pesquisador”, proposto por Demo (1998)? Como desenvolver uma proposta de ensino para o nível médio, baseada na “pesquisa” quando são escassos os tempos, espaços e recursos para manter o diálogo, que foi iniciado de forma fragilizada?

O diálogo, o debate, a interação entre os sujeitos durante a aprendizagem são elementos constituintes da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud. A proposta de reestruturação do ensino médio, está baseada em aprendizagens de diferentes conceitos por todos os sujeitos envolvidos, principalmente a coordenação pedagógica da escola, que irá interagir com os professores em termos de formação continuada. Mas esta aprendizagem não deve ser através da “memorização repetitiva, mecânica”, sem compreensão, em que o sujeito não atribui significados ou que não consegue resolver as situações problemáticas que o dia a dia escolar lhe apresentam. Esta forma de aprendizagem é contrária àquela que a SEDUC/RS apregoa como necessária para uma nova prática pedagógica. A aprendizagem, segundo a proposta do governo, deve ser significativa, ou seja, os problemas devem ser resolvidos através da ressignificação de conceitos.

O artigo, justifica-se assim, pela necessidade de avaliar, até que ponto, transcorridos dois anos de implementação da proposta, os conhecimentos que estão sendo produzidos apresentam relação com aqueles que a proposta enfatiza, principalmente quanto às práticas docentes diferenciadas da tradicional, que inclui a concepção de “pesquisa” no ensino médio. Segundo palavras do Secretário de Educação/RS “...a educação não se resume ao acesso à escola. Ela só se materializa quando o acesso ao conhecimento é universalizado; quando a garantia da aprendizagem é alcançada” (REIS e AZEVEDO, 2013, p.32).

A aprendizagem deve ser garantida em todos os níveis, de professores (e isto inclui governo, direção, coordenação) aos alunos. Uma proposta de mudanças tão significativas para o ensino do estado do RS, deveria contemplar este aspecto, a aprendizagem de conceitos, que se reverteriam em mudança dos “paradigmas educacionais”, para que efetivamente ocorra a mudança “na sala de aula”.

MARCO TEÓRICO

O referencial da TCC será utilizado para identificar construções conceituais, relacionadas à aprendizagem de um conhecimento que faz parte do campo conceitual do ensino de ciências, a “pesquisa como princípio pedagógico”. Este conceito também faz parte do campo conceitual de outras áreas de ensino: matemática, ciências sociais e linguística.

A educação pela pesquisa considera que o aluno é o sujeito do processo de aprender. Segundo Demo (1998), este “aprender” ocorre através da reformulação de teorias e conhecimentos existentes; segundo Moraes et al. (2004), isto ocorre em um movimento dialético e em espiral de ideias, na comunicação de questionamentos e argumentações. Demo (1998) considera a educação “emancipatória”, quando seu método formativo é a pesquisa; em ambas, educação e pesquisa, o questionamento é fundamental. Assim, a compreensão do conceito de pesquisa, pelos professores, é necessária para um exercício docente “investigativo”, em que são propostas atividades que promovam o questionamento e a formulação de hipóteses frente a problemas significativos. Estes problemas devem “tensionar” as estruturas cognitivas do sujeito, mobilizando os conhecimentos prévios (cotidianos, do “saber popular”) para interagir com os novos conceitos, desenvolvidos em sala de aula (coerentes com os conceitos científicos). Para que os professores promovam esta conceituação, é necessária uma “rede” de situações-problema significativas, que devem ser propostas pelos responsáveis pela formação continuada destes professores.

Em uma rede de situações, com diferentes características contextuais, os sujeitos são “tensionados” a elaborar conhecimentos para lidar com estas situações; então os conceitos são “moldados” pelas situações. São as hipóteses sendo construídas.

A TCC lida basicamente com situações-problema formais na sala de aula, onde o professor possui um papel fundamental na adequação destas situações, através da identificação de concepções prévias que serão utilizadas na estrutura conceitual destas situações. Ao mesmo tempo, o professor deve compreender o conteúdo de ensino que irá desenvolver. Este conjunto de estruturas cognitivas e conceituais, prévias e novas, devem compor a estrutura conceitual das situações-problema. A construção do conhecimento a partir destas interações, promovem o significado do conceito, para o

sujeito. As pesquisas realizadas nesta linha investigativa apresentam potencial, não só para identificar a aprendizagem de determinados conceitos, mas também para promover uma metodologia pedagógica potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa, para todos os níveis de ensino.

Acioly e Monin (2009) utilizam este referencial na compreensão da conceituação em situações prototípicas. Segundo estes autores, a conceituação é consequência de processos internos do sujeito. Ao mesmo tempo que os conceitos são explicitados em um determinado contexto histórico social, este contexto determina as condições do desenvolvimento dos conceitos, facilitando ou dificultando sua aprendizagem.

Pode-se identificar então, quais são os conceitos que estão sendo produzidos em um determinado momento histórico social, e quais são as características destes momentos que estão determinando estas construções conceituais. A TCC então, é um marco investigativo importante na identificação da evolução conceitual. É a estrutura do conhecimento é identificada à medida em que este é produzido.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado através da análise de invariantes operatórios, produzidos por professores coordenadores pedagógicos de uma escola em Porto Alegre, RS, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Estes invariantes foram desenvolvidos para resolver situações prototípicas relacionadas ao ensino de ciências, a “pesquisa como princípio pedagógico para o ensino médio”, que é um aspecto da proposta da SEDUC/RS. Para melhor identificar as continuidades e rupturas do campo conceitual da “pesquisa como princípio pedagógico”, foram formuladas, pela professora pesquisadora e uma das autoras desta artigo, situações-problema que contemplassem: os conceitos prévios, identificados na análise na situação-problema 1; alguns principais conceitos pedagógicos relacionados a aprendizagem deste campo conceitual.

Os invariantes pesquisados, foram produzidos em dois momentos:

- **Situação prototípica 1/etapa inicial:** “A pesquisa como proposta pedagógica na reestruturação do ensino médio.

Esta situação corresponde a proposta da SEDUC/RS, e explicitada para a direção e a coordenação pedagógica da escola (total de dez professores, aproximadamente). A compreensão e organização desta proposta pela coordenação pedagógica, resultou em um seminário apresentado para os professores, que ocorreu em março de 2012, data oficial do início da implementação da proposta. O conteúdo do seminário foi enviado por email a todos os professores. A escola possui aproximadamente 200 professores.

- **Situação-problema 1 elaborada pela pesquisadora, considerando a situação prototípica 1:** “Desenvolva uma proposta de reestruturação curricular para o ensino médio, em que a pesquisa é o princípio pedagógico”.

- **Situação prototípica 2/etapa final:** “A disciplina Seminário Integrado como precursora da proposta da Pesquisa como Princípio Pedagógico”. Esta situação corresponde a continuidade da implementação da proposta, cujas ideias estavam sendo discutidas desde 2012, em reuniões mensais da coordenação pedagógica com os professores. O resultado deste debate foi enviado por e-mail, pela coordenação pedagógica da escola, a todos os professores, em março de 2014, e diz respeito à continuação da organização da disciplina “Seminário Integrado 2014, pesquisa como processo de iniciação às atividades científicas”.

- **Situação-problema 2 elaborada pela pesquisadora, considerando a situação prototípica 2:** “Proponha uma discussão em torno dos objetivos, resultados encontrados na disciplina “Seminário Integrado: pesquisa como processo de iniciação às atividades científicas.”, e algumas propostas para melhorar esta disciplina, considerando as dificuldades relatadas e os objetivos que foram enunciados.

Considera-se os conhecimentos em ação (conceitos) produzidos, a partir do referencial da TCC, isto é, de que maneira estas estruturas cognitivas dos sujeitos, relacionam-se com as situações prototípicas. Esta relação ocorre através da interação de elementos cognitivos prévios (aquele conhecimento já compreendido, que é utilizado para solucionar problemas) com os novos conhecimentos. Na tentativa de solucionar os problemas (situações), o sujeito modifica a sua estrutura conceitual cognitiva. É uma

ressignificação do prévio através da interação com o novo. Não é portanto, uma repetição memorizada do conceito que se quer ensinar.

A partir da ideia de “conceito” de Vergnaud (conhecimentos produzidos na resolução de problemas ou na tentativa de resolvê-los), podemos entender por que ocorrem determinados invariantes em detrimento de outros, que seriam os invariantes esperados. Podemos entender também porque determinado tipo de invariante ocorre em maior ou menor “quantidade” na resolução de situações de determinada classe (por exemplo, classe de situações-problema relacionadas ao estudante “investigativo”).

Os dados são analisados em relação às situações prototípicas e às situações-problema, enfocando a formação continuada de professores, do conceito de “pesquisa como metodologia para o ensino médio”. As situações prototípicas 1 e 2, foram definidas considerando o conceito referido acima, proposto pela SEDUC/RS, para a reestruturação curricular para o ensino médio. As situações-problema 1 e 2 foram organizadas, pela pesquisadora, considerando o conteúdo conceitual das situações prototípicas e as concepções prévias, os invariantes operatórios, identificados nos materiais pedagógicos, produzidos pela coordenação pedagógica da escola e repassados por email para os professores. Estes materiais pedagógicos correspondem à uma reelaboração, por parte da coordenação pedagógica, de conceitos discutidos nas reuniões junto aos professores da escola.

As respostas foram separadas em “situação prototípica 1/etapa inicial” e “2ª situação prototípica/etapa final”; logo abaixo, enuncia-se os seus respectivos invariantes operatórios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na resolução da situação prototípica 1/etapa inicial, foram descritos apenas os possíveis invariantes operatórios do item “procedimentos”. É principalmente nesta etapa, que os sujeitos evidenciam seus conhecimentos em ação, relacionados ao conceito de “pesquisa como metodologia para o ensino médio”, na resolução da situação prototípica. São descritos apenas aqueles que indicam relação com o conceito investigado.

Resolução da situação prototípica 1/etapa inicial:

“Aprender do mínimo para o máximo, do local para o global e do simples para o complexo, do senso comum para o racional, do eu para os outros, do sou para o somos. / Aprender através de questões-problema, curiosidades e desafios. / Aprender a aprender: Como estudar, como usar melhor as memórias, como pesquisar, como lançar uma hipótese etc. / Aplicar o método científico para resolver os problemas. Para resolver problemas é preciso argumentar e os argumentos devem ter embasamento científico. / Introdução ao conhecimento científico e ao método científico. / Noções Básicas das ciências. / Métodos de pesquisa e elaboração de relatórios.”

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|--|
| 1. A aprendizagem é do mínimo para o máximo, do local para o global e do simples para o complexo, do senso comum para o racional, do eu para os outros, do sou para o somos. |
| 2. A aprendizagem ocorre através de questões-problema, curiosidades e desafios. |
| 3. Aprender a aprender significa saber como estudar, como usar melhor as memórias, como pesquisar, como lançar uma hipótese. |
| 4. Deve-se aplicar o método científico para resolver os problemas. |
| 5. Para resolver problemas é preciso argumentar e os argumentos devem ter embasamento científico. |
| 6. O professor deve promover uma introdução ao conhecimento científico e ao método científico. |
| 7. Deve-se desenvolver noções básicas das ciências. |
| 8. Deve-se desenvolver métodos de pesquisa e elaboração de relatórios. |

Nesta etapa inicial, cuja a resolução da situação prototípica 1 é a implementação da proposta da SEDUC/RS, junto aos professores da escola, são evidenciados invariantes que não estão relacionados ao conceito de pesquisa, pois este conceito pressupõe construção do conhecimento a partir das concepções prévias. Os sujeitos indicariam alguma aprendizagem do conceito de pesquisa, se inicialmente tivessem produzido invariantes que indicassem problematização em relação aos conceitos prévios dos professores da escola. Segundo Ausubel (2000), as concepções prévias são os elementos cognitivos mais relevantes para a aprendizagem significativa.

Todos os invariantes apresentam conceitos “prontos”, com um nível de abstração alto, e por consequência, complexidade, por exemplo, situação 1 “A aprendizagem ocorre através de questões-problema, curiosidades e desafios”; situação 2 “O educando deve ser orientadocom desafios científicos, culturais e sociais”). Mas qual a origem destes conceitos? Eles não estão conectados com a situação prototípica apresentada, pois o campo conceitual de “pesquisa...”, se interliga principalmente com o conceito de “questionamento”. Mas, como desenvolver este conceito, se os invariantes da proposta curricular que está sendo apresentada para os professores, não estão promovendo o “questionamento” das concepções prévias destes, em relação ao conceito de “pesquisa”?

Na resolução da situação prototípica 2/etapa final, a proposta foi organizada em uma lista de objetivos e conteúdos divididos nos três trimestres. Serão descritos apenas os conhecimentos que indicam relação com o conceito investigado.

Resolução da situação prototípica 2/etapa final:

“Orientar o educando a ser protagonista de sua aprendizagem, através da pesquisa individual ou em grupo, reconhecendo as etapas e característica da pesquisa científica na produção de saberes e dialogando com desafios científicos, culturais e sociais. / Desenvolver raciocínio lógico; utilizar recursos tecnológicos; contextualizar cotidiano do aluno; capacitar à elaboração de argumentação; exercitar a

crítica e autocrítica / Esclarecer os objetivos da pesquisa como forma integradora e à iniciação científica. / Orientar a construção metodológica de um pré-projeto de pesquisa em suas etapas e características. / Promover a interdisciplinaridade entre os conceitos de pesquisa e as áreas de conhecimento do currículo escolar. / Verificar a presença de diferentes linguagens no cotidiano dos alunos e desenvolver a capacidade de elaborar argumentos convincentes em defesa das próprias opiniões.”

Possíveis invariantes operatórios:

| |
|---|
| 1. O educando deve ser orientado a ser protagonistacom desafios científicos, culturais e sociais. |
| 2. O professor deve desenvolver o raciocínio lógico de seus alunos, assim como ensiná-los a utilizar recursos tecnológicos, contextualizar cotidiano do aluno, capacitar à elaboração de argumentação, exercitar a crítica e autocrítica. |
| 3. O professor deve esclarecer os objetivos da pesquisa como forma integradora e à iniciação científica. |
| 4. O professor deve orientar a construção metodológica de um pré-projeto de pesquisa em suas etapas e características. |
| 5. O professor deve promover a interdisciplinaridade entre os conceitos de pesquisa e as áreas de conhecimento do currículo escolar. |
| 6. O professor deve verificar ...defesa das próprias opiniões. |

Os invariantes operatórios não indicam interação com a situação prototípica 2, pois não há uma proposição de debate ou reflexão em torno dos conhecimentos produzidos pelos professores, isto é, suas concepções prévias. Não ocorre uma proposta investigativa para construir os novos conceitos relacionados à “pesquisa como metodologia para o ensino médio”. Os conhecimentos que estão explicitados nos invariantes apresentam conceitos “prontos”, sem uma evolução conceitual (rupturas e

continuidades) que justifique a sua ocorrência. Mais uma vez, se repete o que foi identificado na situação anterior: não há indicação de uma aprendizagem significativa do conceito de “pesquisa.....”. Nas duas etapas de resolução de situações prototípicas, os invariantes/conceitos “prontos” não apresentam similaridade com uma “hipótese” que está sendo construída, pois justamente falta-lhes a interação entre as estruturas conceituais do questionamento em relação às concepções prévias, do novo conceito e o problema que está posto. Segundo Grossi (2006), aprender é formular hipóteses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambas as resoluções das situações prototípicas, os invariantes explicitados não se relacionam estruturalmente um com o outro. Isto indica descontinuidade de construção de conhecimento. Segundo Ausubel et al. (1980), a estrutura cognitiva tende a organizar-se hierarquicamente em termos de nível de abstração, generalidade e inclusividade de seus conteúdos. Desconsiderar este aspecto dificulta a aprendizagem; por exemplo, na resolução da situação 1: “Deve-se desenvolver noções básicas das ciências” e “Deve-se desenvolver métodos de pesquisa e elaboração de relatórios”. Também não há indicação de evolução conceitual, ao compararmos a estrutura conceitual de invariantes similares, como por exemplo na situação 1 “Deve-se desenvolver métodos de pesquisa e elaboração de relatórios.” e situação 2 “O professor deve esclarecer os objetivos da pesquisa como forma integradora e à iniciação científica.” Segundo Vergnaud (1990), a evolução conceitual que se desenvolve através das continuidades e rupturas na resolução de situações problemáticas significativas, é fundamental para a aprendizagem. Segundo este autor, a aprendizagem é a evolução conceitual, e esta não ocorre de uma só vez.

Alguns invariantes identificados neste estudo não são compartilhados com aqueles produzidos pela academia, por exemplo, na resolução da situação 1 “Deve-se aplicar o método científico para resolver os problemas.” e na resolução da situação 2 “O professor deve esclarecer os objetivos da pesquisa como forma integradora e à iniciação científica.” Estes invariantes compartilham significados do ensino tecnicista, da pedagogia tradicional.

Pode-se inferir, a partir dos resultados, que:

1º) As situações-problema elaboradas pela pesquisadora, para identificar invariantes operatórios condizentes com o conceito pesquisado, e que foram produzidas a partir das situações prototípicas propostas pela SEDUC/RS e coordenação pedagógica da escola, não evidenciaram a construção conceitual e a aprendizagem de “pesquisa...”. Quais são os sujeitos responsáveis em promover situações-problema adequadas? Inicialmente, são os proponentes da SEDUC/RS, que, “teoricamente”, realizaram o debate com o objetivo de promover a aprendizagem deste conceito, junto às direções e coordenações pedagógicas das escolas. Posteriormente, a coordenação pedagógica (que reproduziu a metodologia de ensino promovida pela SEDUC/RS), que evidenciou dificuldade para apreensão do significado do conceito de “pesquisa...”, como indicou a resolução da situação prototípica 1 (concepções prévias da coordenação pedagógica). Se estes sujeitos responsáveis pelo desenvolvimento da aprendizagem deste conceito, relacionado ao ensino de ciências, não o compreendem, como esperar que eles desenvolvam estratégias de ensino adequadas para promover esta aprendizagem, junto aos professores da escola? É o que indica a resolução da situação prototípica 2. Nesta resolução, também não ocorre indicação de aprendizagem do conceito analisado; tampouco, evolução conceitual (continuidades e rupturas). Esta evolução, se encontrada, indicaria que as estratégias de ensino (por exemplo, problemas, situações) propostas, estariam se tornando mais complexas e abstratas, através da identificação e utilização das concepções prévias dos professores da escola nas situações-problema.

2º) O “imobilismo” das estruturas de conhecimento, apresentado nos invariantes produzidos nas resoluções das situações prototípicas, indica que não está ocorrendo “intercâmbio” de conhecimentos entre os sujeitos, que, em um determinado contexto estão na posição de professores (SEC/RS e coordenação pedagógica), com aqueles que estão na posição de aprendizes (coordenadores pedagógicos e professores da escola). Este “imobilismo” se caracteriza pela repetição de conceitos “prontos”, como citado no item “resultados e discussão”.

3º) Não há indicativo de formação de um esquema mental relacionado à “pesquisa...”. Como não ocorreu a resolução das situações prototípicas, pressupõe-se que não foram propostas situações-problema relacionadas à classe conceitual de “pesquisa...”, não formando portanto, um esquema mental.

Considerando que esta proposta pode ser identificada como uma formação continuada de professores, primeiramente os gestores (SEDUC/RS) deveriam assumir o

compromisso de discutir esta proposta, através das experiências docentes. Segundo Shön (1995) e Nóvoa (1992), não há teoria pedagógica sem a prática que a sustente e vice-versa. Ambos, teoria e prática se transformam durante a ação pedagógica.

Os conceitos “questionamento”, “argumentação” e “comunicação”, compõem o campo conceitual de “pesquisa como metodologia de ensino”. Segundo Demo (1998), e Moraes et al. (2004), estes conhecimentos são importantes na “pesquisa em sala de aula”. Como esperar que os sujeitos responsáveis (professores) pela promoção desta aprendizagem junto aos estudantes, construam e reconstruam este campo conceitual, sem que sejam promovidas situações adequadas, relacionadas aos significados de “questionamento”, “argumentação” e “comunicação”? De que modo pode ser desenvolvida a aprendizagem deste campo conceitual (“pesquisa...”) pelos professores, junto aos estudantes, em um contexto de “proposta do governo para a formação continuada”, sem que sejam promovidas situações problemáticas significativas, nas quais, os conceitos “estruturantes” do campo conceitual de “pesquisa...”, possam ser refletidos a partir da prática docente, como enfatiza Shön (1995)? Se os conceitos e esquemas mentais se constroem a partir de uma rede de situações problematizadas (a situação é que fornece o sentido, o significado do conceito), seria possível desenvolver o conceito de pesquisa, sem situações relativas ao questionamento, argumentação e comunicação? Se a própria metodologia utilizada pela SEDUC/RS, para a formação continuada dos professores responsáveis pelos setores diretivos e pedagógicos da escola, não resultou em uma aprendizagem relacionada ao conceito de “pesquisa na sala de aula”, como indica este estudo, como esperar que estes mesmos professores, coordenadores pedagógicos, promovam a aprendizagem deste conceito, junto aos professores? E como esperar que estes professores desenvolvam na sala de aula, a metodologia do aluno pesquisador?

De que modo supor que irá ocorrer alguma modificação pedagógica, se os próprios responsáveis por levar a discussão para dentro das escolas (gestores e coordenadores pedagógicos), o fazem sem trazer à tona as experiências dos professores?

Resumindo, os conceitos identificados neste estudo estão distantes do conceito cientificamente aceito para “pesquisa...”, pois foram produzidos, provavelmente, em um contexto histórico social que dificultou esta aprendizagem. Acioly e Monin (2009) também identificaram dificuldades de aprendizagem em situações prototípicas, neste caso, do conceito de “professor”. Krey e Moreira (2009) observaram que, ao

compreenderem os conteúdos de ensino, os futuros professores tendem a utilizar metodologias que possibilitam esta aprendizagem; por exemplo, a metodologia dos campos conceituais, que é baseada principalmente no diálogo entre os sujeitos envolvidos na aprendizagem.

Assim, podemos pensar em algumas hipóteses para explicar estes resultados, analisando-os de acordo com a TCC: não foram propostas situações adequadas para problematizar os conhecimentos de aprendizagem, pelos responsáveis pela formação continuada dos professores, inicialmente pela SEDUC/RS e, seguindo esta lógica tecnicista de aprendizagem, pela coordenação pedagógica da escola; não ocorreram situações que possibilitassem interações entre os sujeitos para promover a explicitação das concepções prévias, as quais seriam utilizadas para adequar as situações-problema, tornando-as significativas.

A proposta para a formação continuada de professores (como é o caso da proposta da SEDUC/RS) deve considerar o desenvolvimento da capacidade investigativa destes docentes, ao escolherem situações significativas, com representação da estrutura conceitual com formas simbólicas acessíveis. O professor (e todos os sujeitos envolvidos, em algum momento, no processo de aprendizagem), então, é o mediador essencial e não somente “o acompanhante” das atividades dos alunos (Vergnaud, 2011). Mas, no contexto de desvalorização do magistério público estadual, as situações prototípicas que estão implícitas na proposta de reestruturação do ensino médio, e no contexto histórico social do magistério, são antagônicas.

A falta de comprometimento dos professores e da escola, com a formação continuada, é um indicativo de que a proposta de politecnicidade no Ensino Médio, pode não ter o êxito esperado. (BRAGA, 2012). E este cenário, é uma resposta a estas situações. A conclusão é que, no contexto estudado, não ocorreu aprendizagem. Segundo Reis e Azevedo (2013), a educação é garantir a aprendizagem. Então, temos um longo caminho a percorrer....

REFERÊNCIAS

ACIOLY-RÉGNIER, N. M.; MONIN, N. Da teoria dos campos conceituais à didática profissional para à formação de professores: contribuição da psicologia e da sociologia para análise de práticas pedagógicas. **Educação Unisinos**, v.13, n.1, p. 5-16, 2009.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRAGA, E. F. **Comprometimento político dos professores: resgate e busca nas tramas das práticas escolares**. Santa Maria, 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2012.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. Campinas: Ed. Autores Associados, 1998.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações**. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

KREY, I. e MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.**, v. 3, n. 3, p. 595-606, 2009.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula: tendência para a educação em novos tempos**, p. 9-24. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo – Burgos: España, 1997. **Atas do Encontro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**, 1997, p. 17-44. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

REIS, J. T.; AZEVEDO, J. C. Democratização do Ensino Médio: a reestruturação curricular no RS. In: AZEVEDO, J. C.; REIS, J. T. (Orgs.). **Reestruturação do Ensino Médio: pressupostos teóricos, desafios da prática**, p. 25-48. São Paulo: Fundação Santillana, 2013.

RIO GRANDE DO SUL/ SE. Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul. **Proposta pedagógica para o ensino médio politécnico e educação profissional integrada ao ensino médio - 2011-2014**. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf> Acesso em: 10 mar. 2013.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. In: **Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique**. França: La Londe les Maures, 1983.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. O longo e o curto prazo na aprendizagem da matemática. **Educar em Revista**, n. Especial, p. 15-27, Paraná: Editora UFPR, 2011.

NÓVOA, A. Formação de Professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**, p. 13-33. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SCHON, A. D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**, p. 77-91. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

**6 7 A INTERAÇÃO DA TEORIA PEDAGÓGICA COM A PRÁTICA
DOCENTE NA REFLEXÃO-AÇÃO E A CONTRIBUIÇÃO DOS CAMPOS
CONCEITUAIS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS
ATRAVÉS DO PIBID**

*THE INTERACTION OF EDUCATIONAL THEORY WITH THE TEACHING
PRACTICE IN ACTION-REFLECTION AND THE CONTRIBUTION OF
CONCEPTUAL FIELDS FOR THE TRAINING OF SCIENCE TEACHERS THROUGH
THE PIBID*

Karen Cavalcanti Tauceda⁴⁷

José Cláudio Del Pino⁴⁸

RESUMO

Este trabalho propõe uma discussão sobre a formação inicial de professores no contexto do PIBID/IFRS, desenvolvido no Colégio Estadual Júlio de Castilhos, Porto Alegre, RS, no período de agosto de 2012 à dezembro de 2013. Na reflexão da aprendizagem que os graduandos evidenciam na elaboração das atividades de ensino (protocolos para aulas experimentais para os estudantes da escola), propõe-se uma discussão sobre a compreensão destes licenciandos da importância da interação da teoria com a prática, em uma perspectiva de Schön, a reflexão-ação. Para isto, utilizou-se a abordagem dos campos conceituais de Vergnaud. Identificou-se conhecimentos em ação relacionados a uma epistemologia de ruptura da teoria com a prática. Não ocorreu, portanto, no

⁴⁷ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁴⁸ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

contexto da pesquisa, a formação de um esquema mental da “reflexão-ação”, pois os possíveis invariantes que foram produzidos na resolução das situações problemáticas não foram condizentes com os significados deste conceito (reflexão-ação). A Teoria dos Campos Conceituais pode ser uma metodologia eficaz para identificar os conceitos produzidos em situações de ensino, e ao mesmo tempo, propor situações que promovam a evolução destes conhecimentos. O PIBID com a sua proposta de formação de professores no contexto da escola, apresenta potencial para intermediar estas aprendizagens.

Palavras-chave: teoria e prática, campos conceituais, reflexão-ação, PIBID, ensino de ciências.

Abstract

The work proposes a discussion on the initial training of teachers in the context of PIBID/IFRS, developed in State College Julio de Castilhos, Porto Alegre, RS, Brazil, in the period between August 2012 to December 2013. In reflection of learning that students demonstrate in preparation of teaching activities (protocols for experimental classes for the students of the school), it is proposed a discussion on the understanding of these licensees of the importance of the interaction between theory and practice, in a perspective of Schon, the action-reflection. For this, we used the approach of conceptual fields of Vergnaud. We identified the knowledge in action related to an epistemology of rupture of the theory with the practice. There was, therefore, in the context of the research, the formation of a mental scheme of "action-reflection", because the possible invariants that were produced in the resolution of problematic situations were not consistent with the meanings of this concept (reflection-action). The Theory of Conceptual Fields can be an effective methodology to identify the concepts produced in teaching situations, and at the same time, propose situations that promote the development of such knowledge. The PIBID with its proposal for the training of teachers in the context of the school, has the potential to mediate these learnings.

Keywords: theory and practice, conceptual fields, reflection-action, PIBID, science education

INTRODUÇÃO

Estudos relacionados à formação de professor de ciências indicam a necessidade de elaborar um conhecimento docente a partir de uma prática crítico-reflexiva, ao invés de uma lógica racionalista técnica (FREITAS e VILLANI, 2002). Schön (1992), propõe a concepção do professor reflexivo, onde o processo de conhecimento profissional está na ação, pois o saber pedagógico estaria sendo elaborado pela reflexão na ação e reflexão sobre a ação (reflexão durante e depois da ação), pois o cotidiano da sala de aula envolve situações problemáticas complexas com incertezas, instabilidade, singularidade e conflitos de valores. É recente a análise pela didática profissional, das atividades de ensino (PASTRÉ et al., 2006), e muitas pesquisas empíricas serão necessárias para explicitar em que a didática profissional pode contribuir de forma específica para a análise da atividade do ensino (VERGNAUD, 1994; PASTRÉ, 2004; ROGALSKI, 2005).

Considerando-se que as teorias pedagógicas constituem o campo científico da educação, pois estas teorias são refletidas, analisadas e transformadas através da prática docente. Como conceber uma ciência (da educação) sem a iteração da teoria com a prática, do racionalismo com o empirismo? A ciência da educação, mais especificamente, a ciência da educação em ciências, deve ser produzida na relação ente teoria e a prática.

As produções científicas do campo educacional indicam uma reduzida articulação entre teoria e prática (PIMENTA, 1995), embora exista um discurso que promova esta interação (SAVIANI, 1994).

A Teoria e a Prática

Cunha (2007) afirma que o termo “teoria” (que provêm do grego), significa um conhecimento meramente especulativo e por isto, baseado na racionalidade. Já Ferreira (1999), define teoria como “conjunto de princípios fundamentais duma arte ou duma ciência; doutrina ou sistema fundado nesses princípios; hipótese, suposição”. Em termos filosóficos, Abbagnano (1998), compreende o conceito de “teoria” como “vida

contemplativa; condição hipotética ideal...normas e regras, que na realidade são observadas imperfeitas...”

Podemos identificar nestas definições, uma aproximação de significados com aqueles dos termos pertencentes à epistemologia da ciência: “idealismo” e “racionalismo”. Ambos consideram que o conhecimento tem origem somente a partir das ideias e da razão. Esta compreensão nada tem em comum com a origem do conhecimento na perspectiva da psicologia cognitiva atual. Nesta, o ser humano não capta o mundo diretamente, ele o interpreta em sua mente (JONHSON-LAIRD, 1986). Portanto, suas ideias e conhecimentos são uma representação mental deste mundo. Na psicologia cognitiva, a representação mental, é uma abstração “moldada” pelas experiências do sujeito, pois como afirma Piaget (1977), o conhecimento se produz através da interação do homem com o meio, e nesta interação, este o modifica e é modificado por ele.

Uma representação mental é resultado da dialética do cognitivo (conhecimento, teoria), que está na mente do sujeito, com a realidade, percebida através dos sentidos (experiência, prática, empirismo). Nesta dinâmica, ocorre a interação da teoria com a prática.

Segundo Cunha (2007), o termo “prática” que também se origina do grego, significa uso e experiência. Em Ferreira (1999), prática é definida como “uso, exercício; saber provindo da experiência; aplicação da teoria [...]”. Para Abbagnano (1998), prática é tudo aquilo imediatamente traduzido em ação. Estas definições compartilham alguns significados com aqueles encontrados na epistemologia da ciência, em relação ao termo “empirismo” isto é, “o conhecimento se origina partir da experiência”. Nesta concepção, o sujeito é uma “tabula rasa”, cuja experiência, que resulta da ação na natureza, não encontra elementos cognitivos para a reflexão, pois o conhecimento é uma simples descrição e análise da prática, sem considerar as informações já construídas na mente.

Teoria e prática na formação de professores

Segundo Dutra (2009), a visão dicotômica entre teoria e prática tem influenciado tanto os processos de formação inicial como a formação continuada de

professores, pois nestes processos, ocorre predominantemente a “instrução” do professor, em detrimento de ações que permitam produzir novos conhecimentos para novas práticas.

Schön (1992), introduz a concepção do “professor prático-reflexivo” nas investigações sobre formação de professores, onde o processo de conhecimento profissional está na ação. Para Schön, conhecimento-na-ação é um conhecimento utilizado efetivamente pelos professores em sua profissão, diferentemente do conhecimento teórico cientificamente produzido. Este conhecimento está implícito na ação, dificultando sua explicitação para outros profissionais (incluindo professores). Quando surgem novas situações, nas quais o conhecimento em ação que o professor possui não é apropriado para a situação, ele é levado a efetuar uma reflexão-na-ação.

Esta proposta é uma tentativa para relacionar a teoria pedagógica, produzida nas academias e ensinada para os futuros professores nos cursos de licenciatura, com a realidade efetivamente vivenciada pelos futuros docentes nas escolas. Segundo Dutra (2009), esta configuração para formação do profissional docente, se opõe aquele baseado na racionalidade técnica, em que as regras, leis e teorias ensinadas nos cursos de graduação não se aplicam às situações imprevistas e as situações de conflito comuns na prática do futuro professor.

Esta racionalidade técnica, que permeia implicitamente ainda a epistemologia da formação de professores, também nos leva a positivismo, empirismo, como pressupostos que norteiam a relação das teorias pedagógicas com a prática na sala de aula.: é quando as práticas (experiências) na sala servem apenas para confirmar as teorias pedagógicas vigentes, não existe a preocupação de propor uma reflexão a partir desta prática, como se o professor não possuísse nenhuma hipótese ou conhecimento para explicar as suas experiências na sala de aula. Não existe uma reconstrução das teorias vigentes a partir da reflexão docente na ação na sala de aula. Percebemos que na formação de professores, pode ocorrer tanto a perspectiva racionalista como a empirista ou as duas sendo utilizadas ao mesmo tempo, mas geralmente, não de forma integrada.

Segundo Dutra (2009), o conceito de “reflexão-na-ação” tem sido usado nas pesquisas sobre formação de professores e orientado a implementação de programas de

capacitação docente, como por exemplo, os “diários de bordo”⁴⁹. Outro exemplo, seria o PIBID (Programa Institucional para Bolsas de Iniciação à Docência), que iremos explicar mais adiante.

A Teoria dos Campos Conceituais e a “reflexão-na-ação” na formação de professores

A reflexão-na-ação proposta por Schön (apud GILBERT, 1994), elimina a dualidade entre o saber e o fazer, a pesquisa e a ação, reunindo-os em um único processo: a reflexão na ação. Nas investigações sobre formação de professores, primeiramente os pesquisadores utilizaram este conceito na reflexão das ações no ensino, nos contextos social e cultural nos quais estão inseridos.

As situações, onde deverão ocorrer a reflexão-na-ação podem então, apresentar um aspecto sociológico, como descrito acima, e, segundo Acioly-Régnier e Monin (2009), um aspecto psicológico, como no caso dos esquemas de Vergnaud.

Esta última perspectiva (que será utilizada neste estudo), investiga as dificuldades na aprendizagem, dos graduandos, nas práticas de ensino. Isto é, como o professor em formação, compreende as dificuldades na aprendizagem de seus alunos e como ele organiza seus conhecimentos para dar conta destas situações-problema.

Na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud, a aprendizagem é um processo interativo entre os conhecimentos (conceitos) e as situações potencialmente significativas que os tornam operacionais. Então, seria uma proposta metodológica, onde os conhecimentos construídos, no processo de conceituação na resolução de situações-problema, tornam-se sempre uma reflexão, uma elaboração cognitiva para dar conta da nova situação problemática que é apresentada. Esta reflexão, é o conhecimento-em-ação, é o conceito, hipótese, teoria, que o sujeito elabora para aplicar na prática, isto é, nas situações-problema. Em seu cerne, a TCC propõe uma interação da “teoria” (conceitos, conhecimentos, hipóteses) com a prática, isto é, a tentativa de solucionar as situações-problema, produzindo novos conceitos ou

⁴⁹ Registro pedagógico para a formação de professores, em uma perspectiva de investigação-ação. Nele estão os registros das impressões sobre a prática pedagógica, os materiais utilizados e a resposta dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

hipóteses. É a reflexão-na-ação. Então, a TCC na formação de professores, propõe relacionar os conteúdos específicos do ensino, as variáveis contextuais (situações-problema), e as experiências prévias dos professores que estão presentes em todas as situações de ensino-aprendizagem (ACIOLY-RÉGNIER, MONIN, 2009).

Segundo Vergnaud (1990), um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas entrelaçados durante o processo de aquisição. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolvê-las, ele conceitua. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações que lhe darão sentido; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teorema-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, situações e procedimentos. Um esquema é uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. As situações devem ser potencialmente significativas, o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar e enriquecer seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (AUSUBEL, 2000). Portanto, a metodologia da TCC propõe a resolução de situações-problema significativas, isto é, situações que apresentem em sua estrutura, conceitos que o sujeito está apto a dar significado, pois são compreensíveis para ele, e ao mesmo tempo, que promova novos significados, pois os conhecimentos prévios não são suficientes para resolver as situações. Nesta “tensão” conceitual de continuidade e ruptura, forma-se o novo conceito, pois as situações devem também articular elementos conceituais do novo conhecimento.

Esta metodologia também enfatiza a mediação do professor para a elaboração das situações-problema e situações de ensino que apresentem potencial para a discussão e debate de conhecimentos em ação (invariantes operatórios), tornando-os explícitos. Conhecimentos explícitos podem ser debatidos, os implícitos não (Vergnaud, 1994). Neste caso, a mediação do professor é a mediação dos coordenadores do PIBID da Instituição do Ensino Superior (IES) - o IFRS – e a mediação do professor supervisor da escola, nas reuniões desenvolvidas com os graduandos.

Este trabalho propõe-se a discutir a formação de professores de ciências através do PIBID, no contexto da TCC, como uma proposta metodológica para aproximar a teoria acadêmica das práticas reflexivas dos futuros professores, e indicar possíveis “convergências” de significados com o modelo “reflexão-ação”.

CONTEXTO DA PESQUISA

Os problemas enfrentados pelos estudantes das escolas de ensino básico (principalmente em escolas públicas), relativos à aprendizagem em ciências e evidenciados em diferentes programas (Programme for International Student Assessment - PISA; Exame Nacional de Ensino Médio - ENEM; Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - IDEB), nos faz refletir sobre o atual contexto da educação pública em nosso país. Esta situação é um problema complexo que envolve políticas públicas, Instituições de Ensino Superior (IES), e a sociedade de forma geral, onde está incluída a comunidade escolar (gestores, funcionários, professores, alunos e seus familiares).

Neste contexto, também é importante repensar a formação inicial e continuada, a partir das práticas pedagógicas e docentes (PIMENTA, 2005). O PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), é uma política pública instituída a partir de 2007, inserindo-se nesta realidade educacional complexa, atuando no processo de formação inicial e continuada dos professores.

O programa incentiva a carreira do magistério, proporcionando bolsas de iniciação a graduandos de cursos de licenciatura presenciais, para estágio em escolas públicas, com IDEB abaixo da média nacional (BRASIL, 2013).

Direcionando às reflexões para a formação inicial, objetivo deste artigo, o programa se propõe a articular as teorias pedagógicas que os futuros docentes discutem nas universidades com as práticas desenvolvidas na escola. Segundo BRASIL (2013), esta é a principal contribuição para a formação inicial do professor.

Mais do que isto, propõe-se a formar um professor investigativo, nos moldes de que Schön propõe. Segundo Brasil (2010), o PIBID tem como objetivo inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública, proporcionando-lhes

oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar, que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem.

Então, o PIBID não busca somente relacionar as teorias pedagógicas aprendidas pelos graduandos nas IES com as práticas desenvolvidas na escola, mas fazer esta interação de forma criativa, onde o futuro professor irá refletir sobre sua ação, impulsionado pela problematização (situações) do contexto escolar e de aprendizagem, onde ocorrerão as suas ações. Mobilizam para isto (reflexão na ação – situação), elementos cognitivos prévios, construídos a partir de situações-problema significativas, (que o professor domine conceitualmente), relacionando-as (as situações), com os conceitos das teorias pedagógicas ensinadas na academia. É nesta dinâmica de promoção conceitual significativa, e por isso, criativa, que se insere a TCC como uma proposta metodológica para o PIBID.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período entre agosto de 2012 a dezembro de 2013 (totalizando 27 reuniões com uma hora de duração, aproximadamente), com quatro graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), campus Porto Alegre – Curso de Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia participantes do PIBID, que realizam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, RS.

Estes graduandos, com idade entre 20 a 30 anos, estavam desenvolvendo atividades no CEJC relacionadas ao PIBID, desde março de 2011 (início do programa na escola e período no qual o supervisor e pesquisador, autor deste estudo, ainda não participava do PIBID), e frequentavam na época da pesquisa, o 5º e 6º semestre (de um total de oito semestres) do curso de licenciatura.

O grupo participou do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino (protocolos e kits para aulas experimentais), relatos para serem discutidos na escola e em eventos científicos e planos de trabalho e relatórios, relativos ao andamento das atividades, para a coordenação e supervisores.

Os graduandos desenvolveram suas atividades nas aulas de biologia e química, cujos professores são colaboradores do PIBID (isto é, não bolsistas). Os graduandos desenvolveram suas atividades em turmas de 1º ano do ensino médio no turno da noite, com alunos na faixa etária entre 17 a 22 anos aproximadamente.

Os resultados desenvolvidos neste período (protocolos para aula experimental) para resolver situações-problema avaliativas, foram analisados. As situações-problema avaliativas (1, 2 e 3), promoveram a explicitação das concepções prévias relacionadas ao campo conceitual de “relação entre teoria e prática” e “reflexão-ação” e a sua evolução. As respostas foram analisadas de acordo com a TCC, isto é, identificando os invariantes operatórios (conhecimentos em ação) propostos para resolver as situações-problema avaliativas 1, 2 e 3. Também foram analisadas a adequação das situações-problema propostas e a mediação do professor, esta, representada pelas reuniões quinzenais com o grupo. Na resolução da situação-problema avaliativas, é proposto a elaboração de um protocolo de aula experimental (prática), que deverá ser entregue aos estudantes da escola. O protocolo deve conter objetivos, metodologia, resultados e conclusões. Os conhecimentos em ação dos graduandos estão melhor explicitados na proposta do protocolo, nos itens “resultados” e “conclusões”, pois é neste momento que o graduando exercita na prática os seus conhecimentos para resolver as situações problemáticas.

A discussão sobre o processo formativo dos professores de química e biologia, participantes do PIBID, ocorreu através da análise dos resultados apresentados na resolução das situações problemáticas avaliativas, no referencial da TCC (protocolos para aula experimental). As propostas foram produzidas com o objetivo de responder as situações-problemáticas avaliativas, onde é enfatizado o conhecimento em ação (possíveis invariantes operatórios), isto é, a teoria que os graduandos trazem de seus cursos de licenciatura, efetivamente compreendidas e assimiladas em suas estruturas cognitivas, acionadas pelas situações-problema avaliativas e as situações para debate, propostas durante as reuniões que ocorrem quinzenalmente com o grupo.

As reuniões fazem parte da estrutura organizacional do PIBID, e delas devem participar todo o pessoal envolvido (graduandos, supervisores e coordenadores), mas o modelo de organização é definido pelas coordenações dos IES correspondente. No caso do PIBID/IFRS/CEJC, as reuniões eram quinzenais com a participação dos graduandos e supervisor/pesquisador, e tinham como objetivo principal definir os protocolos para as

aulas práticas, e nas últimas reuniões do ano, organizar os “kits” experimentais. Os outros objetivos do PIBID (relatos para apresentação em eventos relacionados à educação em ciências e eventos na escola, planos de trabalho e relatórios de atividades, ambos semestrais) eram combinados por e-mail.

As reuniões que ocorreram no período da pesquisa, enfatizaram a discussão e o debate das propostas de ensino, isto é, os protocolos experimentais e a reflexão sobre as interações na sala de aula antes e depois da aplicação do protocolo, considerando o “processo” na produção dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. O objetivo do debate era tornar os conhecimentos implícitos em explícitos, através da negociação de significados, exemplos, comparações na apresentação de situações problema que promovessem o questionamento e a formulação de hipóteses na resolução das situações-problema relacionadas às atividades dos graduandos. Estas discussões foram organizadas em situações-problema teóricas (que não serão descritas no trabalho, por serem variáveis, isto é, são direcionadas através do debate espontâneo), com o objetivo de explicitar as concepções prévias. Estas concepções foram utilizadas para elaborar e reformular as situações-problema teórico-práticas avaliativas. Vergnaud (2007) afirma que na resolução de situações teóricas, os sujeitos enunciam os objetos de pensamento, suas propriedades e suas operacionalidades nas situações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo, a resolução das situações-problema avaliativas 1, 2 e, 3 na forma de propostas de ensino (protocolos para aula experimental) e em seguida, os possíveis invariantes operatórios:

Situação-problema avaliativa 1:

1. Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem das moléculas orgânicas, onde deverão constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas aos resultados e conclusões, que mobilizem os conhecimentos (prévios e novos) dos alunos para a aprendizagem deste

conceito.

Resolução da situação-problema avaliativa 1:

Protocolo para aula prática: Bioquímica Celular – Carboidratos e Lipídios

Resultados (carboidratos):

- 1) *O resultado encontrado foi igual para todos os alimentos? Por quê?*
- 2) *Coloque os alimentos em ordem crescente de coloração e diga qual deles possui mais amido.*
- 3) *Por que o queijo e o presunto ficaram com coloração diferente dos demais?*

Conclusões (carboidratos):

- 4) *Qual a relação do amido com o carboidrato?*
- 5) *Onde encontramos o amido nos seres vivos e qual a sua importância?*

Abaixo, os possíveis invariantes operatórios dos itens “resultados” e “conclusões” da prática sobre carboidratos:

| |
|--|
| 1. Há uma explicação para o fato de encontrar ou não, diferentes resultados em diversos alimentos. |
| 2. As diferentes colorações nos alimentos estão relacionadas a quantidade de amido. |
| 3. O queijo e o presunto ficaram com coloração diferente em relação aos outros alimentos. |
| 4. O amido e o carboidrato estão relacionados |
| 5. Existe amido nos seres vivos e isto é importante |

Resultados (lipídios):

- 1) *Coloque na ordem crescente de mancha os alimentos testados, e explique o que aconteceu.*

Conclusões (lipídios):

1) *O que são lipídios?*

2) *Cite 2 benefícios dos lipídios em nosso corpo.*

Abaixo, os possíveis invariantes operatórios dos itens “resultados” e “conclusões” da prática sobre lipídios:

| |
|---|
| 1. Há uma explicação em relação a característica de mancha deixada pelos alimentos. |
| 2. Os lipídios podem ser definidos. |
| 3. Existem benefícios dos lipídios pra o nosso corpo. |

No protocolo de bioquímica celular, os invariantes operatórios produzidos nos itens “resultados” e “conclusões” não sugerem a interação com as ideias prévias dos estudantes, como por exemplo” “As diferentes colorações nos alimentos estão relacionadas a quantidade de amido”. Isto é importante para a aprendizagem significativa de novos conceitos (VERGNAUD, 1990). Segundo Ausubel (2000), os conhecimentos prévios são os elementos cognitivos determinantes para a aprendizagem. Também não ocorre relação de significados dos invariantes do item “resultados” com aqueles do item “conclusões”, indicando uma ruptura conceitual entre a prática (os conceitos explicitados no item “resultados”) e a teoria (os conceitos explicitados no item “conclusão”), como nos exemplos, “Há uma explicação em relação a característica de mancha deixada pelos alimentos” e “Existem benefícios dos lipídios pra o nosso corpo”.

Situação-problema avaliativa 2:

| |
|---|
| 1. Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem dos grupos de substâncias inorgânicas, onde deverá ser proposto um problema para ser respondido ao longo do protocolo experimental. As perguntas relacionadas ao resultado e conclusões devem mobilizar os conhecimentos dos alunos (prévios e novos) para a aprendizagem deste conceito. |
|---|

A resolução da situação-problema avaliativa 2:

Protocolo para aula prática: Funções Inorgânicas

Experimento 1:

1) *A partir dos testes indicadores tornassol e fenolftaleína, construa um conceito para ácido, base e sal.*

2) *Indique a função (ácido, base ou sal) para as seguintes substâncias...*

Experimento 2:

1) *O que ocorreu no experimento $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$?*

2) *O que forma-se e qual o nome da reação entre ácido sulfúrico e o hidróxido de bário?*

Abaixo, os possíveis invariantes operatórios do experimento 1 e 2:

| |
|--|
| Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína. |
| As seguintes substâncias apresentam função ácido, base ou sal. |
| O experimento $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ pode ser explicado através da observação de seus resultados. |
| É formado algo na reação entre ácido sulfúrico e o hidróxido de bário e esta reação tem um nome. |

O invariante “Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína produzido no experimento 1”, elaborado para o protocolo de aula experimental para os estudantes da escola, indica uma concepção epistemológica baseada na ruptura da teoria com a prática. Este conceito, proposto para “funções inorgânicas”, não sugere a reflexão sobre as concepções prévias, provavelmente isto irá dificultar a sua significância. Indica concepções epistemológicas, ora empirista, quando sugere a construção dos conceitos

científicos (de ensino) baseado apenas nas observações dos testes, ora racionalista, quando propõe a aprendizagem de conceitos complexos e abstratos (ácido, base e sal), sem situações problemáticas (que envolvam estruturas conceituais prévias e novas). Na resolução destas situações, o sujeito promove significados, ele conceitua.

O invariante do experimento 1 “As seguintes substâncias apresentam função ácido, base ou sal”, indica uma aprendizagem relacionada à pedagogia tradicional. Este conceito não sugere as interações de elementos cognitivos prévios e novos. Os invariantes do experimento 2 também sugerem uma aprendizagem relacionada à pedagogia tradicional, mas baseada no empirismo, os conhecimentos surgem da prática sem reflexão.

Situação-problema avaliativa 3:

Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem do conceito de óxidos, onde deverá ser proposto um problema para ser respondido ao longo deste protocolo, através de uma metodologia que, além de orientar a execução do experimento, relacione os resultados encontrados com as concepções prévias, para que ocorra uma discussão em relação a teoria ensinada pelo professor. Isto é, as perguntas (situações-problema) relacionadas aos resultados e conclusões, devem mobilizar os conhecimentos dos alunos (prévios e novos) para a aprendizagem deste conceito.

A resolução da situação-problema avaliativa 3:

Protocolo para aula prática: Óxidos

Experimento 1: Presença de óxidos em refrigerantes

Equação do processo: $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

1) Qual coloração a solução de cal adquiriu?

2) Qual óxido está presente no refrigerante?

3) Qual explicação química para o processo?

Experimento 2: Água com cal com ar expelido da respiração:

1) Qual coloração a solução de cal adquiriu?

2) Comparado ao experimento 1, quais suas conclusões?

3) Porque o resultado atinge esta coloração turva?

4) O gás carbônico é essencial para os seres vivos, participando de um processo muito importante para as plantas. Você sabe que processo é esse? Saberá descrevê-lo?

Abaixo, os possíveis invariantes operatórios do “Experimento 1”:

| |
|---|
| 1. A solução de cal adquiriu uma coloração específica. |
| 2. Determinado óxido está presente no refrigerante. |
| 3 Existe uma explicação química para o processo relativo à presença de óxido no refrigerante. |

Os possíveis invariantes operatórios do “Experimento 2”:

| |
|---|
| 1. A solução adquiriu uma coloração. |
| 2. As conclusões estão relacionadas ao experimento 1. |
| 3. Existe uma explicação para a coloração turva encontrada no resultado. |
| 4. O gás carbônico é essencial para os seres vivos, pois participa de um processo importante para as plantas. |
| 5. Você deve saber e tentar descrever um processo muito importante para as plantas. |

Os invariantes do experimento 1 não propõem a interação com as concepções prévias, sugerindo uma epistemologia empirista e uma pedagogia tradicional. Já a explicação 3, sugere esta interação (concepções prévias e novas através da reflexão sobre os resultados do experimento). No experimento 2, os invariantes 1, 2 e 3 também sugerem uma aprendizagem relativa à pedagogia tradicional, empirista. Os invariantes 4 e 5 evidenciam a ruptura da prática com a teoria, pois não interagem com as estruturas conceituais dos invariantes relacionados com a experimentação (1, 2 e 3).

A maioria dos invariantes dos protocolos para aulas práticas produzidas pelos graduandos, não indicam uma reflexão-ação da sua prática, como futuros professores através do PIBID, pois estes conceitos relacionam-se aos da pedagogia tradicional. A análise da estrutura destes invariantes na resolução das situações-problema contribuiu para esta percepção. Ao mesmo tempo, Wiebusch e Ramos (2012), enfatizam a importância do PIBID para a inserção dos futuros professores na realidade escolar, com suas práticas pedagógicas, interações entre os sujeitos e particularidades. A TCC e a reflexão-ação podem contribuir na compreensão desta realidade e em suas mudanças, pois, segundo Schön (1995), a teoria só se concretiza por meio da prática que a aperfeiçoa, em uma relação dialética. Segundo Silva e Schnetzler, 2008 a “teoria-prática” é fundamental para a interação dos conhecimentos acadêmicos com os problemas decorrentes da vivência do cotidiano escolar. Desse modo, teoria isoladamente não gera transformações, porque ela somente se concretiza por meio da prática que a aperfeiçoa e a modifica enquanto aprimora a própria prática.

Não ocorreu, no contexto da pesquisa, a formação de um esquema mental da “reflexão-ação”, pois os possíveis invariantes que foram produzidos na resolução das situações problemáticas (1, 2, 3), não foram condizentes com os significados deste conceito (reflexão-ação).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A TCC propõe a compreensão do processo de aprendizagem no momento em que este está ocorrendo, isto é, na resolução de situações problemáticas. Para que esta aprendizagem se torne significativa, esta situação deverá fazer parte da estrutura cognitiva do estudante, ele deverá compreendê-la para propor uma solução (conceito, conhecimento em ação, invariante operatório) que acredita ser pertinente. De qualquer forma, sempre que o sujeito explicita um conhecimento (conceito) que ele considera ser a resposta para aquela situação-problema, ele está explicitando conhecimentos em ação, compostos de um ou vários conceitos, que, por sua vez, são constituídos por possíveis invariantes operatórios. Para determinar se são invariantes operatórios, deve-se propor diferentes situações de determinada classe, por exemplo, situações para promover

determinado conceito. Segundo Vergnaud (1996), um conceito é constituído por diferentes situações e as situações podem ser resolvidas por diferentes conceitos.

A metodologia baseada na TCC propõe, então, a compreensão do “processo” da aprendizagem; ao mesmo tempo, esta teoria nos possibilita uma análise dos “produtos” desta aprendizagem, isto é, os possíveis invariantes operatórios. Nesta identificação, percebemos os significados que o sujeito atribui para aquele determinado conceito que ele está explicitando na resolução da situação-problema. Por exemplo, nos invariantes “Há uma explicação para o fato de encontrar ou não, diferentes resultados em diversos alimentos”; “Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína” e “As conclusões estão relacionadas ao experimento 1”, indicam que os graduandos compreendem que a construção dos conhecimentos dos estudantes ocorre pela observação dos resultados da experiência proposta. Nesta concepção, os alunos não apresentam concepções prévias (pois essas não são mobilizadas para refletir sobre os resultados, produzindo um novo conhecimento), são uma “tabula rasa”. Esta visão empirista do conhecimento indica que os graduandos não estão desenvolvendo ao longo de suas atividades no PIBID, uma “reflexão-ação”, pois estes invariantes não apresentam significados que estejam relacionados, de alguma maneira, com as teorias pedagógicas atuais, como por exemplo, a importância de considerar as concepções prévias para, a partir delas, “construir” o novo conhecimento significativo.

Alguns invariantes produzidos pelos graduandos sugerem uma concepção tradicional de ensino, baseada no racionalismo técnico, onde o conhecimento se constrói a partir da teoria, sem relação com a experiência refletida dos estudantes. Não existem invariantes que sugiram relação com os conhecimentos prévios dos alunos. Explicitam conhecimentos que dificilmente o aluno irá compreender, pois não há situações-problema que os signifiquem a partir da reflexão com as concepções prévias, e estas, com os resultados e conclusões da aula prática proposta. Estes conhecimentos, portanto, não fazem parte de uma “trama conceitual”, isto é, situações que conectem os seus significados. Por exemplo, nos invariantes dos protocolos 1, “O queijo e o presunto ficaram com coloração diferente em relação aos outros alimentos”; “Existe amido nos seres vivos e isto é importante”; protocolo 2, “Um conceito para ácido, base e sal pode ser construído a partir dos testes com os indicadores tornassol e fenolftaleína”; “As seguintes substâncias apresentam função ácido, base ou sal”, e protocolo 3,

“Determinado óxido está presente no refrigerante”; “O gás carbônico é essencial para os seres vivos, pois participa de um processo importante para as plantas”. Nos três protocolos para aulas práticas, não ocorrem situações-problema que relacionassem os invariantes entre si. Esta desconexão de significados conceituais, além de promover a ruptura da teoria/prática, não contribuem para a aprendizagem dos conceitos e ampliação da capacidade de abstração do estudante, pois como ele terá dificuldade de compreender os conceitos, por exemplo, de amido; ácido, base e sal e gás carbônico, ele provavelmente não conceituara moléculas orgânicas, funções químicas e óxidos. Estes campos conceituais são amplos e complexos, daí a necessidade de promover várias situações para desenvolver diferentes conceitos que os compõem. Novak (1986) e Vergnaud (1990), mencionam a importância da rede de significados (conceitos que se relacionam) para a aprendizagem.

A visão racionalista do conhecimento evidenciada pelo grupo pesquisado do PIBID, também indica que as atividades desenvolvidas através do programa, não estão construindo uma aprendizagem coerente com as teorias pedagógicas atuais, em uma evidente carência da reflexão-ação destes graduandos, pois os invariantes apresentam muitos “conceitos prontos” sem conexão com situações que lhes significariam.

Podemos considerar algumas explicações para a identificação da proposta pedagógica dos graduandos, estar mais próxima da prática tradicional. Uma delas é a característica da metodologia organizacional do PIBID/IFRS/CEJC. Ocorreram poucas reuniões e as que ocorreram não contavam com a participação efetiva do pessoal envolvido no projeto. Os objetivos das reuniões também não foram direcionados, desde o início do PIBID na escola, para a reflexão-ação. As reuniões eram escassas, e devia-se “aproveitá-las” para cumprir os objetivos na escola (protocolos para aulas práticas, kits experimentais, principalmente).

Na metodologia da TCC, os momentos para explicitar os conhecimentos prévios e aqueles que estão sendo construídos ao longo do processo de aprendizagem (que ocorrem nas atividades de ensino baseadas nas situações-problema significativas), devem ser prioridade no contexto de ensino. Nesta teoria, as interações que se estabelecem na sala de aula são tão importantes do que o próprio conteúdo de ensino. Neste caso estudado, as reuniões do PIBID apresentavam potencial para desenvolver a reflexão-ação entre os participantes do programa.

As situações-problema avaliativas (1, 2, 3), propostas para os graduandos também devem ser revistas, pois segundo Vergnaud (1996), estas devem interagir com os conceitos prévios dos sujeitos para que ele possa atribuir significados, construindo então um novo conceito.

Deve-se considerar também a trajetória escolar dos próprios licenciandos. Os graduandos do PIBID/IFRS/CEJC tiveram suas experiências escolares como estudantes provavelmente, em um ambiente de ensino tradicional. Tardif (2002) menciona que a história escolar do professor desenvolve, em grande parte, a sua concepção de “ensinar e aprender”, influenciando as suas práticas na sala de aula. A reflexão-ação proposta por Schön é fundamental para que o futuro docente redirecione suas ações na medida que ele reflete em situação de ensino. Segundo Galiazzi (2003), é a superação da dicotomia entre teoria e prática, professor e pesquisador.

A TCC também propõe uma reflexão a partir de situações-problema significativas, com o objetivo de elaborar conceitos mais próximos daqueles estudados pelos graduandos nas IES. O PIBID é o contexto onde poderá ocorrer esta problematização, o qual não se limitará a “confirmar” as teorias pedagógicas vigentes, mas a transformá-las através da prática reflexiva. E isto não pode ser feito quando a teoria está desconectada da prática.

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes. 1998.

ACIOLY-RÉGNIER, N. M.; MONIN, N. Da teoria dos campos conceituais à didática profissional para a formação de professores: contribuição da psicologia e da sociologia para análise de práticas pedagógicas. **Educação Unisinos**. v. 13, n. 1, p. 5-16, 2009.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL. Decreto nº 7.219, de 24 de junho de 2010. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n. 120, seção 1, p. 4-5, 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).** Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 20 nov. 2013.

CUNHA, A. G. **Dicionário etimológico da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Lexikon, 2007.

DUTRA, E. F. Relação entre teoria e prática em configurações curriculares de cursos de licenciatura. In: VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências - Florianópolis: ABRAPEC. **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, ENPEC, 2009.** Disponível em <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/680.pdf>> Acesso em 22 jun 2013.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FREITAS, D. e VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 215-230, 2002.

GALIAZZI, M. C. **Educar pela pesquisa: ambiente de formação de professores de ciências.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

GILBERT J. The construction and reconstruction of the concept of the reflective practitioner in the discourses of teacher professional development. **International Journal Science Education**, v. 16, n. 5, p. 511-522, 1994.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models**. Cambridge, MA: HarvardUniversity Press. 1983.

PASTRÉ, P. L'ingénierie didactique professionnelle. In: C. PHILIPPE; C. PIERRE (Orgs.) **Traité des sciences et des techniques de la formation**, p. 465-480. Paris: Dunod, 2004.

PASTRÉ, P.; MAYEN, P.; VERGNAUD, G. La didactique professionnelle: note de synthèse. **Revue Française de Pédagogie**, v. 154, n. 145, p. 198, 2006.

PIAGET, J. A. **Tomada da Consciência**. São Paulo: Melhoramentos e EDUSP, 1977.

PIMENTA, S. G. **O estágio na formação de professores: unidade teoria e prática?** São Paulo: Cortez, 1995.

PIMENTA, S.G. Formação dos professores: identidade e saberes na docência. In: _____ . (Org.) **Saberes Pedagógicos e atividade docente**. São Paulo: Cortez, 2005.

ROGALSKI, J. La didactique professionnelle: une alternative aux approches de cognition située et é cognitiviste em psychologie des acquisitions. **La didactique professionnelle**, v. 1, n. 2, p. 103-120, 2005.

SAVIANI, D. **Saber escolar, currículo e didática**. Campinas: Autores Associados, 1994.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA (Org.) **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SCHON, A. D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

SILVA, R.M.G. e SCHNETZLER, R.P. Concepções e ações de formadores de professores de Química sobre o estágio supervisionado: propostas brasileiras e portuguesas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2174-2183, 2008.

.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática**, Rio de Janeiro, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. and CONFREY, J. (Orgs.) **The Development of Multiplicative Reasoning in the Learning of Mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. Education: the best part of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n. (2/3), p. 112-118, 1996.

VERGNAUD, G. Qu'est-ce qu'apprendre. In: Colloque Iufm du pole Nord-Est Des Iufm. les effets des Pratiques Enseignantes sur les Apprentissages des eleves – Besançon: França. Anais **Colloque Iufm du pole Nord-Est des Iufm. les effets des Pratiques Enseignantes sur les Apprentissages des Eleves**, Besançon, 2007.

WIEBUSCH, A. e RAMOS, N. V. As repercussões do PIBID na formação inicial de professores. In: IX ANPED sul – Caxias do Sul, Universidade de Caxias do Sul. **Atas do IX Seminário de Pesquisa da Região Sul**, Caxias do Sul: UCS, 2012. Disponível em: < http://www.ucs.br/ucs/tplAnped2011/eventos/anped_sul_2012/anais> Acesso em 15 fev. 2013.

7 Terceiro Capítulo:

PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA RELACIONADA AO TEMA:

“Considerações teóricas - A teoria dos campos conceituais, o aprender a aprender e a reflexão-ação”

Artigo aceito para ser apresentado no II International Symposium of Science Education SIEC 2014 – on line, organizado pela Editora Educación; Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria; Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC) e Universidade de Vigo, 13 a 16 de outubro de 2014.

7 1 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E A REFLEXÃO-AÇÃO NA FORMAÇÃO DOCENTE EM CIÊNCIAS: CONVERGÊNCIAS TEÓRICAS E ALGUMAS IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Karen Cavalcanti Tauceda⁵⁰

José Cláudio Del Pino⁵¹

Resumo

Neste artigo são analisados alguns aspectos da formação de professores de ciências que estão relacionados aos significados de ensinar e aprender, na perspectiva do professor reflexivo, de Shön, e da construção conceitual em situações problematizadoras, como é o caso da teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. É considerada a possibilidade de aprender a ensinar, a partir da experiência do aprender a aprender, visto que ensinar e aprender fazem parte de uma unidade histórico-cultural.

Palavras-chave: campos conceituais, reflexão-ação, ensinar e aprender, formação de professores de ciências

⁵⁰ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁵¹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

A formação docente no Brasil tem sido um campo de pesquisa importante, visto que esta realidade está imersa em um contexto extremamente problematizador, dadas as situações histórico-culturais que estes profissionais enfrentam no dia a dia. Não podemos encarar com surpresa, portanto, os diferentes indicadores de aprendizagem, nacionais e internacionais, que evidenciam um quadro preocupante em nosso país.

Seria simplista e nada científico, interpretar que as dificuldades que os estudantes enfrentam para aprender, estariam somente na relação aluno/professor, sem levar em consideração que estas relações se estabelecem em um contexto histórico-cultural, sendo influenciadas, e portanto construídas, neste contexto de aprendizagem (VYGOTSKY, 1991).

Refletir a aprendizagem a partir da compreensão das diferentes situações que são apresentadas pela dinâmica da sociedade, é um marco importante das pesquisas em educação em ciências. Nesta perspectiva, avançamos para um olhar cognitivo/construtivista/interacionista da aprendizagem, ao invés do cognitivo/construtivista (como é o caso das concepções alternativas e da mudança conceitual), que tem apresentado algumas limitações em responder sobre as dificuldades que os sujeitos apresentam para aprender, em situações de ensino na sala de aula.

O aluno produtor e responsável pelo seu conhecimento, representa um avanço significativo na elaboração das novas pedagogias que questionavam o ensino baseado somente na memorização, da repetição daquilo que o professor ensinava. Percebeu-se que esta metodologia de transmissão, não resultava em sujeitos criativos para resolver os diferentes problemas da atualidade.

Considerando-se as pedagogias construtivistas mais eficazes para a aprendizagem, do que a pedagogia por transmissão, a responsabilidade do ato de aprender é transferida para o aluno, ao invés do professor. A mera substituição de responsabilidades não contribui para a construção de uma pedagogia contextual, histórico-cultural. Muitas pesquisas na área de ensino de ciências, consideram importante para aprendizagem, os contextos em que estas estão ocorrendo (VERGNAUD, 1990; NÓVOA, 2001). Se ambos os sujeitos, histórico-culturais, aluno e professor, se encontram no contexto escolar, este contexto é o resultado de suas

interações, e que também é influenciado por elas. Desta forma, temos o elemento que faltava, para que o processo de aprender (ou ensinar), com suas facilidades e dificuldades, se constitua através das interações de múltiplos protagonistas, cujo processo se efetua na escola.

Em relação à participação do professor na aprendizagem do aluno, o professor não incorpora mais o papel de “detentor da verdade”, a ser reproduzida pelos estudantes. Vygotsky (2003) salienta a importância do professor na mediação entre o conhecimento e o aluno. Segundo Tunes et al. (2005), em uma perspectiva histórico-cultural, o professor não é apenas o elo intermediário. Ele é um negociador de significados que deve estar estritamente em conexão com aqueles conhecimentos que o aluno já possui; estas concepções prévias direcionam, portanto, o ato de ensinar.

Reflexão-ação no contexto da escola

A identidade do professor é constituída na ação docente, que se faz, principalmente, na relação aluno/professor, no contexto de sala de aula. Segundo Tunes et al. (2005), não é só o aluno que aprende através deste diálogo, o professor também se modifica. Podemos considerar então, que o espaço escolar é o contexto de produção de conhecimentos, não apenas para os alunos, mas também para os professores.

As situações/problemas/contextos que estão presentes na escola, são consideradas, por diversos pesquisadores, fundamentais para a profissionalização docente. Segundo Nóvoa (2001) e Schön (1997), a realidade escolar apresenta potencial para a prática reflexiva dos professores, contribuindo portanto, para a sua formação inicial e continuada. Para Candau (1997), não basta apenas o professor estar na escola, são necessários espaços coletivos de discussão e reflexão sobre os problemas enfrentados no dia-a-dia escolar.

A teoria dos campos conceituais e a reflexão-ação

Qual a relação então, da teoria dos campos conceituais com a prática-reflexiva? Ambas as abordagens, consideram as situações como elementos problematizadores de

novos conhecimentos. Em Acioly-Régner e Monin (2009), a teoria dos campos conceituais na formação de professores, propõe relacionar os conteúdos específicos do ensino, as variáveis contextuais (situações-problema), e as experiências prévias dos professores, que estão presentes em todas as situações de ensino-aprendizagem. Segundo Vergnaud (1994), esta teoria enfatiza a mediação do professor: na elaboração das situações-problema significativas (aquelas que o sujeito apresenta elementos cognitivos para compreendê-la); na escolha das situações de ensino que apresentem potencial para a discussão e debate dos conhecimentos em ação, com o objetivo de torná-los explícitos. Conhecimentos explícitos podem ser debatidos, conhecimentos implícitos não.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sujeitos que ensinam e aprendem, constituem-se nos contextos em que esta relação, aluno-professor, é produzida. Todos, em algum momento, podem ser professores e/ou alunos. Mas em um contexto formal de ensino (a escola, que frequentemente reproduz a pedagogia tradicional), estes papéis, de ensinar e aprender, estão “fixos”. Na formação de professores de ciências, inicial ou continuada, o fundamento principal da pedagogia tradicional, o professor detentor do conhecimento, é constantemente reforçado. Os responsáveis pela formação de professores, muitas vezes, não elaboram situações problemáticas significativas que possibilitem a explicitação de conceitos, e situações de ensino para que estes conceitos possam ser debatidos e reelaborados pelos professores. Na reflexão destes conceitos, os formadores também redirecionarão a sua prática. É a reflexão na ação dos formadores de professores. O professor então (licenciando ou já docente), construirá conhecimentos pedagógicos coerentes com o “aprender a aprender”, pois ele desenvolveu estes conhecimentos através da ação-reflexiva, em situações problemáticas organizadas pelos seus formadores e que foram produzidas no contexto escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY-RÉGNIER, N. M. e MONIN, N. **Educação Unisinos**, v. 13, n. 1, p. 5-16. 2009.

CANDAU, V.M. Formação continuada de professores: tendências atuais. In: CANDAU, V. M. (Org.). **Magistério: construção cotidiana**, p. 51-68. Petrópolis: Vozes, 1997.

NÓVOA, A. Formação de Professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**, p. 13-33. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SCHÖN, D.A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**, p. 77-91. Lisboa: Dom Quixote, 1997.

TUNES, E.; TACCA, M C..V. R.; JÚNIOR, R. S. B. O professor e o ato de ensinar. **Cadernos de Pesquisa**, v. 35, n. 126, p. 689-698, 2005.

VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. e CONFREY, J. (Orgs.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: New York Press, 1994.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

Resumo expandido aceito para ser apresentado no X Salão de Ensino – UFRGS, Porto Alegre, 22 a 24 de outubro de 2014.

7 2 O ENSINAR E O APRENDER CIÊNCIAS NA PERSPECTIVA DO APRENDER A APRENDER: REFLEXÕES E ALGUMAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS A PARTIR DO REFERENCIAL DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Karen Cavalcanti Taucedá⁵²

José Cláudio Del Pino⁵³

A pesquisa na educação em ciências tem produzido diversos estudos relacionados aos processos cognitivos envolvidos no ensino-aprendizagem, ou “do ensinar e do aprender”. Bigge (1977) e Vergnaud (1990) salientam: o que impulsiona o desenvolvimento das teorias da aprendizagem é aprender como se aprende. Vergnaud (2003) também menciona que, para ensinar, é preciso que o professor compreenda como o aluno aprende.

No presente estudo, partimos do pressuposto que ensinar e aprender reúne perspectivas teórico-metodológicas do “aprender como se aprende”, importantes para alunos e professores que se desenvolvem no contexto escolar, em situações de ensino-aprendizagem em ciências.

Alunos e professores necessitam compreender como se aprende; para os alunos é importante se apropriar do pensamento investigativo, na construção de conhecimentos significativos, isto é, que façam sentido para eles e possam ser utilizados na resolução de diferentes problemas, apresentados no contexto social. Esta aprendizagem vai além da mera memorização de informações, a “famosa” decoreba, que o estudante utiliza

⁵² Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktaucedá@terra.com.br.

⁵³ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

para realizar testes e provas. Para o professor é importante que ele também apresente uma atitude investigativa sobre a sua prática, caso contrário, ele irá desenvolver aulas pautadas em conhecimentos memorísticos, da área de ensino e pedagógicos, ausentes de significações. Em uma atitude investigativa, o professor percebe as limitações de sua prática, e em uma atitude reflexiva, reorganiza seus conhecimentos em situações de debate no contexto social da escola. Segundo Vygotsky (1991), os sujeitos desenvolvem seus conhecimentos através das relações que se estabelecem em um contexto histórico-cultural.

O contexto mencionado, desencadeador das significações dos sujeitos, é recursivo, pois é formado por sujeitos que se constituem através de suas significações. Então, para que alunos e professores aprendam como se aprende, é importante um contexto que promova as significações/conceitos que estão envolvidos nesta aprendizagem, afim de que estes professores desenvolvam práticas promotoras da aprendizagem destes conceitos, ressignificando o contexto da sala de aula.

O estudo versa sobre o aprender a aprender dos diferentes sujeitos/atores em situações de ensino problematizadoras e diversificadas, produzidas na dinâmica do contexto escolar. A aprendizagem, neste trabalho, é considerada como um “evento” relacionado à diferentes contextos histórico-culturais, em uma unidade dinâmica, cujos sujeitos-atores estão inseridos, provocando múltiplas situações produtoras da aprendizagem.

Investigou-se a evolução da aprendizagem através das dificuldades para promover situações-problema adequadas, no enfoque de Gérard Vergnaud (1990), a Teoria dos Campos Conceituais (TCC). Nesta análise, o conhecimento está organizado em situações-problema, e é a partir da resolução destas situações que os sujeitos que aprendem, desenvolverão as suas conceituações. As situações e as interações entre os sujeitos envolvidos no ato de aprender, foram problematizadas em uma escola pública de Porto Alegre/RS, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos, entre 2011 e 2013, junto aos alunos de 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, e à estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRS-campus Porto Alegre), do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Química e Biologia, participantes do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), entre julho de 2012 e dezembro de 2013.

No contexto de sala de aula, o estudo envolveu aproximadamente 100 alunos com idade entre 14 e 18 anos. Foram analisados os conceitos construídos (os invariantes operatórios), relacionados ao universo, vida, moléculas orgânicas, metabolismo celular, fotossíntese, enzima e célula, e identificou-se dificuldades para determinar as situações-problema mais adequadas para promover as conceituações em ciências e biologia, e uma melhora nesta aprendizagem com a metodologia da TCC. No contexto de formação de professores, foram analisados os invariantes operatórios construídos por oito graduandos, com idade entre 20 e 25 anos. Investigou-se a aprendizagem dos conceitos de epistemologia, pedagogia construtivista, aprendizagem significativa e reflexão-ação. Identificou-se dificuldades na elaboração destas conceituações. Uma das hipóteses para este fato é que as situações de ensino nas quais os graduandos estavam inseridos não foram adequadas para promover situações-problema significativas que contribuíssem para a elaboração dos conceitos, isto é, não provocavam uma reflexão ação nestes estudantes.

Nas interações que se estabelecem dialeticamente na escola, o futuro professor, modifica-se. É na sala de aula que este professor irá desenvolver o seu processo investigativo para aprender a ensinar, construindo conceitos relacionados ao ensino de ciências, em um aprender a aprender. No processo de aprender a aprender, o professor compreende a dinâmica relacionada ao aprender a aprender do estudante. Nas investigações de formação inicial, as situações direcionaram a aprendizagem em ciências, reforçando a ideia de que aprender a aprender através da ressignificação dos conceitos prévios, em situações problematizadoras, é fundamental para aprender a ensinar. Quando não existe esta conexão, identifica-se dificuldades para a aprendizagem do professor, pois ele simplesmente repete sem significação alguns conceitos transmitidos na academia, reproduzindo muitas vezes, a metodologia tradicional de ensino. Constatou-se neste estudo, que um professor que não é formado em um contexto investigativo, onde a sua prática na sala de aula não é o fundamento para elaboração de conhecimentos ressignificados da academia, é um professor que provavelmente, não reconhece como elemento para a aprendizagem de seus alunos, a investigação. Portanto, o aprender e o ensinar ciências se realizam no contexto cuja essência deve ser a investigação.

**7 3 PROCESSOS COGNITIVOS E EPISTEMOLOGIAS DA TEORIA DOS
CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD, DO ENSINO
NARRATIVO E DO APRENDER A APRENDER**

*COGNITIVE PROCESSES AND EPISTEMOLOGIES OF THE THEORY OF
CONCEPTUAL FIELDS OF GÉRARD VERGNAUD, TEACHING NARRATIVE AND
LEARNING TO LEARN*

Karen Cavalcanti Taucedá⁵⁴

José Cláudio Del Pino⁵⁵

RESUMO

Atualmente, referências sobre a importância “do aprender” e “do ensinar” são feitas com frequência. Nesta análise que disjunta, tem-se a impressão que alunos e professores fazem parte de universos pedagógicos distintos, e que se encontram por acaso, na sala de aula. Nesta ruptura epistemológica, encontra-se a realidade da escola; distante das discussões que ocorrem nas universidades padece de reflexão. Mesmo professores recém-saídos das universidades, não compreendem a importância de ensinar a teoria relacionada com a prática, à narrativa do professor com as concepções do aluno, o ensinar a aprender a aprender. O “ensinar” e o “aprender” estão intimamente relacionados. O professor só poderá ensinar se compreender como o aluno aprende. Nesta perspectiva, a Teoria dos Campos Conceituais é um referencial importante, por enfatizar a práxis educativa em ciências. Este ensaio propõe a discussão desta teoria, em

⁵⁴ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktaucedá@terra.com.br.

⁵⁵ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

relação ao ensino tradicional, baseado na narrativa do professor e no ensino centrado no aluno, do “aprender a aprender”. Busca-se fazer algumas considerações epistemológicas em relação a estas pedagogias, relacionando-as com a elaboração dos conhecimentos científicos na perspectiva dos campos conceituais; nesta aproximação, pretende-se encontrar diferenças e similaridades.

Palavras-chave: campos conceituais; ensino por narrativa; aprender a aprender; epistemologia.

Abstract

Currently, references about the importance "of learning" and "of teaching" are made frequently. This analysis that disjoint, we have the impression that students and teachers are part of distinct pedagogical universes, and meet by chance in the classroom. This epistemological break is the reality of school. Distant from the discussions that take place in the universities is vitiated by reflection. Even teachers fresh out of university, do not understand the importance of teaching the theory related to the practice, the narrative of the teacher with the views of the student, teach him to learn how to learn. The "teaching" and "learning" are closely related. The teacher can only teach understand how the student learns. In this perspective, the Conceptual Fields Theory is an important benchmark by emphasizing the educational praxis in science. This paper proposes a discussion of this theory, compared to traditional teaching, based on the narrative of the teacher and the student-centered learning, of "learning to learn". Seeks to make some epistemological considerations regarding these pedagogies, relating them to the development of scientific knowledge in the fields of conceptual perspective; this approach, we intend to find differences and similarity.

Keywords: conceptual fields; teaching by narrative; learning to learn; epistemology.

1. Introdução

Os desafios enfrentados no âmbito da realidade escolar, principalmente em relação à aprendizagem na sala de aula não são novos. No século passado intensificaram-se discussões, com diferentes abordagens deste problema; de maneira

bastante resumida podemos citar: as que focalizam os aspectos sociais da aprendizagem e as que enfatizam os seus elementos cognitivos. Os cognitivistas (PIAGET, 1976; POSNER; STRIKE; HEWSON e GERTZOG, 1982) enfatizam os processos mentais da aprendizagem, pois o ser humano não capta o mundo diretamente, ele representa este mundo em sua mente. Por outro lado, os “sociológicos” (VYGOTSKY, 1988; FREIRE, 1996) enfatizam que a interpretação do mundo é influenciada principalmente pelo “status quo” da sociedade.

Atualmente, estudos indicam que os processos que promovem a aprendizagem são aqueles relacionados a ambos os aspectos: as interações que se estabelecem no cotidiano (incluindo a sala de aula) com as estruturas cognitivas do aluno. Vergnaud (1990) representa esta linha de pensamento.

As estruturas mentais relacionadas à aprendizagem se entrelaçam na sociedade vivenciada pelo indivíduo, e assim são modificadas por ela; se entrelaçam quando interagem com informações significativas do dia a dia, armazenando-as; quando estes conhecimentos prévios se conectam com os conhecimentos de seus pares e da sociedade, através do diálogo reflexivo.

Então, como se deve ensinar? De que maneira são estabelecidas relações criativas entre os elementos promotores da aprendizagem (os processos mentais e a sociedade), que já se sabe ser inseparáveis? Como o aluno aprende? Não seria esta, a principal pergunta que os professores deveriam tentar responder, ao invés de ingressarem na sala de aula, muitas vezes pensando erroneamente, que para o aluno aprender basta que ele, o professor, esteja imbuído da tarefa de ensinar? Segundo Finkel (2008), para este professor, ensinar é narrar de forma esclarecedora para os estudantes aquilo que eles desconhecem. Ao falar para os alunos, escrever no quadro de giz ou mostrar slides utilizando PowerPoint, o professor acredita que está transmitindo conhecimento por meio deste ato narrativo.

Por que então, os nossos alunos (principalmente os de escola pública) demonstram não estar aprendendo aquilo que os professores se propõem a ensinar? O problema são os alunos, os conteúdos, a metodologia de ensino? Há quem diga que o problema são os alunos. Esta conclusão origina-se dos relatos dos professores nos conselhos de classe, organizados para socializar a “classificação” dos estudantes por notas ou conceitos e evidenciar o maçante fracasso da aprendizagem nas diferentes

disciplinas e vangloriar o diminuto sucesso... Outros afirmam que os conteúdos que se ensinam na escola não contemplam a realidade do aluno, por estarem distantes das necessidades do estudante da escola pública, que são mais direcionadas para o “mundo do trabalho”. Por sua vez, o professor é questionado pela sociedade, por que os seus alunos não aprendem. Seria a sua metodologia defasada ou, nos casos de professores recém-saídos das universidades, seria a sua metodologia equivocada?

O aprender e o ensinar parecem pertencer a “universos” distintos. O “ensinar” faz parte da realidade do professor enquanto o “aprender” faz parte da realidade do aluno. Esta dicotomia parece não estar promovendo uma real compreensão do problema da aprendizagem. Não contribui para que o professor encare as suas limitações nesta realidade da qual ele é protagonista. Assim como aconteceu com o debate entre os “cognitivistas” e os “sociais”, parece que estamos enfrentando o dilema do “ensinar” e do “aprender”.

Neste artigo, defendemos a ideia de que o ensinar e o aprender são constituintes do mesmo problema, cujas soluções não podem vir de análises fragmentadas da realidade escolar. Propomos a reflexão conjunta sobre a aprendizagem nas diferentes facetas: o aluno, os conhecimentos e o professor.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud é utilizada para analisar o ensino narrativo, da pedagogia tradicional, muito difundido nas escolas, e o ensino centrado no aluno, do aprender a aprender, da pedagogia construtivista. Nesta reflexão, propõe-se discutir outros caminhos pedagógicos, onde o ensino centrado no aluno é visto também sob o olhar pós-construtivista de Vergnaud.

2. A Teoria dos Campos Conceituais: uma teoria cognitivista e interacionista do “aprender a aprender”

Vergnaud (1994), em sua teoria, propõe o estudo do funcionamento cognitivo do “sujeito-em-ação”, utilizando como referência o conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do domínio deste conhecimento. Vergnaud (1998) redirecionou o estudo de Piaget, sobre o desenvolvimento cognitivo como resultado da complexidade do pensamento lógico formal, para a compreensão do desenvolvimento cognitivo como um processo de conceituações relacionadas a diferentes situações. Vygotsky também

apresenta um papel de destaque nas ideias de Vergnaud. Isto é percebido quando é enfatizada a importância da interação social, principalmente em relação ao professor na promoção de situações, para que os seus alunos desenvolvam esquemas na zona de desenvolvimento proximal, da linguagem e da simbolização, no domínio de um campo conceitual.

Na teoria de Vergnaud, a explicitação dos conhecimentos em situações de ensino tem papel de destaque. Isto porque, o professor deverá identificar os conhecimentos prévios dos estudantes para desenvolver problemas adequados, que se conectem a estrutura conceitual destes conhecimentos e aos conceitos que o professor quer ensinar. Segundo Ausubel (2000), as concepções prévias são os elementos cognitivos mais importantes que o professor deve considerar no processo ensino-aprendizagem. Nesta interatividade, surge o aspecto social desta teoria. A interação conceitual que Vygotsky propõe, é a aproximação do conhecimento real (que o aluno apresenta em suas estruturas cognitivas implícitas e explícitas), do conhecimento potencial (que o aluno consegue explicitar com a colaboração do grupo e do professor). Através da problematização de conceitos pelo professor, em situações que façam sentido para os estudantes, ele promoverá uma “ponte” cognitiva entre o real (conceitos prévios) e o potencial (conceitos novos): é a zona proximal. Assim, a interação conceitual, na teoria de Vergnaud, depende da interação social, assim como em Vygotsky. Para ambos, o processo de desenvolvimento cognitivo (conceituação) não depende de operações lógicas formais. Segundo Vergnaud (1994) Piaget, ao tentar explicar a complexidade conceitual, progressivamente dominada pelas crianças, a algum tipo de complexidade lógica geral, ele simplificou-a ao extremo. Este processo cognitivo (conceituação), segundo Vergnaud, é mais amplo e complexo do que Piaget supunha.

Vergnaud enfatiza a interação conceitual como resultado da interação social. Para ele, não existe uma lógica geral na estrutura cognitiva do sujeito, mas, conhecimentos prévios, isto é, informações assimiladas, armazenadas, compreendidas e aplicadas a diferentes situações, resultando a conceituação e a formação de esquemas. Esta conceituação tem origem na interação social que fornece diferentes situações problemáticas. Segundo Vergnaud (1996), ao resolver as situações o sujeito conceitua e conseqüentemente, desenvolve-se cognitivamente.

Alheio a situações, o conceito não fará sentido, pois ele está ancorado pelas diferentes situações que formarão o campo conceitual daquele conjunto intrincado e conectado de significados. E as situações, constituintes dos conceitos e que lhes dão os significados, fazem parte também do “universo” do professor: elo de interação entre o conhecimento cotidiano do aluno (prévios), e o conhecimento escolar. Vygotsky também enfatiza a importância do papel do professor. Ele é o mediador dos conhecimentos, na transposição da zona real para a potencial, ao valorizar as atividades orientadas na zona proximal.

Desta forma, a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) é cognitivista e interacionista, pois explica o processo mental da conceitualização do real (as interações das estruturas cognitivas prévias com a estrutura conceitual do conhecimento através de situações-problema), como resultado das interações na sala de aula, onde alunos e professores trazem suas compreensões de mundo. Os estudantes, com suas concepções prévias e ressignificação de conceitos, e o professor, com sua interpretação dos conhecimentos científicos e dos conhecimentos prévios dos alunos, para que, através desta compreensão, possa elaborar situações-problema que se conectem a ambas.

O conhecimento, para Vergnaud (1982), está organizado em campos conceituais. Este é um conjunto de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos, esquemas e operações de pensamento conectados uns aos outros durante o processo de aquisição que ocorre durante um longo período de aprendizagem. Vergnaud (1990) e Grossi (2001) concluem que um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio requer o domínio de vários conceitos, esquemas e representações de naturezas distintas.

Os esquemas contêm os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória (Moreira, 2002). O esquema é a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações (Vergnaud, 1998).

É durante o processo de aquisição dos conceitos, na resolução das situações problemáticas, que o sujeito desenvolve-se cognitivamente. A conceitualização é o ponto central da TCC (Vergnaud, 1996, 1998). Desta forma, deve-se realizar uma análise conceitual das situações em que o aluno irá desenvolver seus esquemas, através da identificação (principalmente) das dificuldades para desenvolvê-los. Para isto, é

importante conhecer a estrutura conceitual dos esquemas dos conhecimentos prévios, muitos, desenvolvidos fora do ambiente escolar (Vergnaud, 1994) e da estrutura conceitual dos esquemas que devem ser desenvolvidos na escola, isto é, os conhecimentos relacionados aos conteúdos de ensino. Ao estudar o próprio conteúdo do conhecimento no processo de conceitualização do real, (Moreira, 2002), identifica-se as continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (Vergnaud, 1990).

O conceito para Vergnaud (1993) é um somatório de três conjuntos: um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios em que se baseia a operacionalidade dos esquemas (os significados dos conceitos amplamente implícitos), e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, situações e os procedimentos.

Os invariantes operatórios, conceito-em-ação e teorema-em-ação, são os conhecimentos contidos nos esquemas, os invariantes operacionais para uma classe de situações (Vergnaud, 1993). Teorema-em-ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real e conceito-em-ação é um objeto, predicado, uma categoria de pensamento tida como pertinente, relevante (Vergnaud, 1998).

3. A Teoria dos Campos Conceituais, o ensino baseado na narrativa e do aprender a aprender: relações e epistemologias.

Quais as diferenças fundamentais entre a TCC e o ensino baseado na narrativa? Qual é o papel do professor, do aluno e dos conhecimentos nestas duas formas de ensinar? Quais as semelhanças entre o aprender a aprender e a TCC?

A epistemologia do ensino baseado na narrativa do professor (conhecido também como tradicional e pedagogia por transmissão), ora é empirista ora é racionalista. Na sua versão racionalista, cujo autor principal é Descartes (2005), que viveu no século XVII, há a valorização das ideias (inatas), dos conhecimentos que o aluno deve “receber”. O conhecimento ocorre através de racionalizações (do professor) sem a ocorrência de um diálogo com o contexto escolar. É o caso daquele professor dito “conteudista”. Para ele, o importante é “dar a matéria” independentemente da compreensão dos alunos. Na sua versão empirista, ocorre a valorização da

experimentação captada pelos sentidos, cujo resultado é o conhecimento. O empirismo, pensamento que muitos professores ainda possuem sobre como é formado o conhecimento, também remonta à filosofia da ciência do século XVII. Se o aluno deve “receber” os conhecimentos, parte-se do pressuposto que ele não os possui. Nesta epistemologia, o aluno é uma “tabula rasa” (folha de papel em branco) onde, segundo John Locke (Hodson, 1986), os sentidos registram a “verdade” sobre o mundo. No ensino baseado na narrativa, o conhecimento é visto a partir da ótica do professor. Neste enfoque, ocorre um dualismo epistemológico. Racionalista porque o conhecimento do ensino, narrado pelo professor é a verdade (pois não há discussão). Empirista porque somente o professor possui o conhecimento, pois somente ele tem a “experiência” relacionada a ele.

Na versão empirista, o professor deve “preencher” a mente do aluno, da maneira que ele pensar ser a mais adequada. Por exemplo, se a aula for sobre a célula, o professor considera que o aluno não apresenta nenhum conhecimento sobre este assunto. Isto é parcialmente correto. Porém, ele possui concepções prévias do que é um ser vivo resultado de suas vivências cotidianas (em situações não formais de aprendizagem), e de suas experiências no ambiente escolar. Estas concepções formam um arcabouço conceitual, que servirá de “âncora” para outros conceitos (por exemplo, o conceito de célula). Então, estas concepções prévias, trazem em sua estrutura (invariantes operatórios), conhecimentos que podem vir a se conectar (através de problemas adequados) à estrutura conceitual dos conteúdos de ensino durante o processo de aprendizagem. Segundo Vergnaud (1982), este conjunto de conceitos interligados, que formam uma trama de significados, esquemas e conhecimentos em ação, situações, operações de pensamento, são os campos conceituais. Tauceda e Del Pino (2010) identificaram a importância dos conhecimentos prévios na elaboração de modelos pictóricos de hereditariedade. Embora os alunos não tivessem visto o modelo celular da replicação do DNA (que é a essência da hereditariedade), eles conseguiram, em sua maioria, elaborar estes modelos (desenhos) a partir de discussões e debates em tarefas instrucionais generativas, isto é, tarefas cujas respostas não indicassem simples memorização, mas sim compreensão dos conceitos. Eles construíram estes modelos, relacionando seus conhecimentos prévios sobre reprodução (a capacidade de originar uma estrutura idêntica, ou quase, à preexistente), com as informações novas relacionadas à replicação celular, apesar da metodologia da pesquisa não possibilitar a

visualização de modelos prontos (figuras de livros). Na análise dos desenhos produzidos com o objetivo de responder às tarefas instrucionais, identificou-se a conexão das estruturas cognitivas do conceito de reprodução com as da replicação do DNA.

Apesar do trabalho citado acima, não ter o objetivo de discutir os campos conceituais, os resultados desta pesquisa podem ser interpretados à ótica de outros referenciais, como por exemplo, a teoria de Vergnaud, pois envolve também questões sobre os processos cognitivos na aprendizagem em biologia. Na análise dos desenhos produzidos, os resultados indicaram a aprendizagem do campo conceitual da hereditariedade, que é um campo mais amplo de conhecimento, pois envolve ideias sobre a reprodução e a replicação do DNA. Concluindo: este estudo vem reforçar a necessidade de repensar as estratégias de ensino. O aluno não é um “espaço vazio” a ser preenchido pelas ideias do professor, como é enfatizado pela pedagogia tradicional. Pelo contrário, o aluno apresenta ideias prévias do mundo que ele vivencia em seu cotidiano. Ao propor a aprendizagem de um conceito que o aluno ainda não havia aprendido (ele não possuía modelos mentais relacionados a este conceito), as tarefas instrucionais promoveram uma continuidade conceitual das concepções prévias (relacionadas aos esquemas sobre a vida e a reprodução) com o campo conceitual de hereditariedade. A existência de campos conceituais constituindo o arcabouço de conhecimentos dos estudantes pode ser a explicação da pergunta: como os alunos formaram modelos mentais sobre conceitos que eles ainda não haviam aprendido? A teoria de Vergnaud, ao enfatizar a identificação das concepções prévias, reconhece a rede conceitual do conhecimento de cada sujeito, isto é, os campos conceituais que constituem a sua estrutura cognitiva. Ao problematizar um determinado conceito que o aluno já compreendeu, o professor promove a continuidade e ruptura cognitiva de outro conceito do mesmo campo conceitual; esta “ponte” será efetiva desde que o aluno tenha elementos conceituais para fazer a relação com o novo conceito, isto é, ele necessita compreender o problema como um problema. Para Vergnaud (1994), isso significa que as situações-problema são essenciais para a conceituação.

Segundo Ausubel (2000), o estudante só aprende a partir daquilo que já sabe. Logo, as situações devem apresentar estruturas de conhecimento que possam conectar-se cognitivamente à estrutura conceitual dos alunos. Em outras palavras, estas situações devem fazer sentido para quem irá resolvê-las. Ao compreender as situações e percebendo-se sujeito que aprende, o aluno identifica a importância da resolução de

situações problemáticas para a sua aprendizagem (conceituações), pois, segundo Grossi (2006), aprender é formular hipóteses. Neste processo de questionamentos, hipóteses, verificações, erros, e a longo prazo, acertos, o aluno percebe-se aprendendo a aprender.

Todavia, no ensino tradicional, o conteúdo é a “verdade” a ser “absorvida” pelo aluno através da exposição oral do professor (ZABALLA, 2001). É a versão racionalista cartesiana desta pedagogia. Neste modelo, tanto faz o professor escrever no quadro-degiz, desenvolver excelentes exposições orais ou fazer apresentações em slides PowerPoint. O que ele faz é narrar (MOREIRA, 2011). Como já foi citada anteriormente, esta metodologia fundamenta-se epistemologicamente nas ideias racionalistas de Descartes (2005). Segundo este autor, conhecemos a realidade não pelos sentidos, mas apenas pela compreensão que esta realidade está em nós. Concebemos a compreensão das coisas pelo pensamento. Para Ribeiro (2008), ao considerarmos o conhecimento uma estrutura intelectual inata, desprezamos o papel da experiência, esta, originada dos sentidos e da aprendizagem formal. A experiência é anulada em nome da razão, cuja origem divina, alcança a verdade das coisas, através de métodos de abstração e supressão dos sentidos.

Por que o professor que utiliza este modelo de ensino (narrativo/expositivo/tradicional/clássico) apresenta uma compreensão racionalista de como se forma o conhecimento, isto é, como o aluno aprende? A explicação agora é voltada para o entendimento do professor para com os conteúdos de ensino, os conhecimentos científicos que a escola deve “transmitir”, e para seu próprio papel na escola. Se a aula é fundamentada na narrativa do professor, é por que ele acredita que a sua interpretação dos conhecimentos de ensino é a correta, verdadeira. O conhecimento, para este professor, é algo absoluto, pois está afastado do debate que poderia ocorrer na interação com a realidade escolar. Ele nega esta interatividade que provocaria um “relativismo” em sua narrativa, pois esta narrativa se influenciaria pelas diversas “realidades” que existem em uma sala de aula. Não queremos dizer com isso que podemos relativizar os conceitos científicos. Mas, ao narrar estes conceitos “prontos”, “estáticos” e sem nenhuma relação com o cotidiano dos alunos (suas experiências e ideias que se formaram dentro e fora da escola), ele utiliza o espaço escolar para simplesmente reafirmar estes conceitos, sem questionamentos (dele e dos alunos), como um dogma. Seria muita ingenuidade, pensar que na escola os alunos irão desenvolver a ciência. Esta não é a sua função. Da mesma forma, não é a função da escola

simplesmente reproduzir acriticamente, como um “mantra” os conhecimentos científicos que a humanidade levou milhares de anos para desenvolver. A função da escola é tornar os sujeitos críticos, criativos e conhecedores do ato de aprender. Para Praia, Carrelhas e Gil-Pérez (2002), ao professor, deve-se atribuir o papel de mediador entre os saberes dos alunos e o conhecimento reconhecido. Neste confronto de conhecimentos, ocorrerá um “salto” qualitativo que poderá ajudar a construir um novo saber, com novos conceitos, competências e atitudes e não simples memorização na aquisição de conhecimentos.

Nas aulas narrativas, como já foi explicado anteriormente, o professor se encontra em uma confusão metodológica / epistemológica, pois ele enfrenta um dualismo racionalista / empirista. Racionalista quando ele considera a sua fala, em comparação com as falas de seus alunos, mais provida de importâncias, objetivos e significados. A sua interpretação para o significado dos conhecimentos de ensino é dos “conteúdos programáticos” que todo o “bom” professor deve cumprir. Eles são conteúdos estanques, fixos, desprovidos de qualquer significância social, isto porque estes conteúdos “não dialogam” com a realidade da sala de aula. É empirista quando considera que os alunos não apresentam conhecimentos prévios. Ele não os considera, pois não formula questionamentos para que os alunos desenvolvam as suas hipóteses (que estão fundamentadas nas concepções prévias), para resolver as situações, que irão desencadear na formulação dos novos conhecimentos. A sua interpretação para o significado de “professor” é a do “detentor de verdades estabelecidas”. Quando ele fala o aluno deve escutar, pois o que ele tem para dizer é mais importante do que o aluno tem a falar. Não há interação, pois isto significa “bagunça” na aula e, conseqüentemente, perda do controle da classe.

Muitos alunos não estão aprendendo. Segundo Moreira (2011), é indiferente para a aprendizagem, aulas em que os professores se limitem à utilização do quadro-de-giz e dos livros textos, onde aluno deve copiar para não esquecer no dia da prova, e aulas “diferentes” em salas de vídeo, data show, com ótimas explanações, com sínteses, exemplos, comparações e esquemas. Quais informações repassadas nestas “boas aulas” narrativas restarão depois de alguns meses ou anos? Muito pouco, pois este modelo enfatiza a aprendizagem de conteúdos específicos a curto prazo.

No modelo narrativo, prioriza-se a memorização em detrimento da compreensão. Isto porque o aluno tem que prestar atenção ao que o professor está

falando, tornando difícil o diálogo entre professor/aluno. Como não existe esta conexão dos conhecimentos do aluno com os conhecimentos expostos através da narrativa do professor (que são as suas interpretações dos conhecimentos de ensino), ocorre um hiato cognitivo. Na medida em que ocorre este “espaço vazio”, ao aluno resta somente “decorar” para a prova, utilizando a sua memória de curta duração, que serve para executar as tarefas mais imediatas. Durante a execução das tarefas de uma prova, este aluno pode até apresentar um resultado satisfatório. O problema é quando é solicitado, este mesmo conteúdo de ensino, em outras situações problemáticas que se relacionam com aquele conhecimento (conceito), que o aluno soube aplicar naquela situação específica da prova. Como não houve conceituação, isto é, resolução de problemas através da conexão de estruturas cognitivas prévias e novas, não ocorreu formação de um esquema cognitivo para lidar com diferentes situações relacionadas àquele conhecimento. Faltam, no modelo narrativo, as situações problemáticas para fazer a interação cognitiva entre as ideias dos alunos e as ideias do professor (matéria de ensino interpretada pelo professor). Falta a interação entre professor/aluno para que ele dê a palavra ao aluno, com o objetivo de identificar as concepções prévias e elaborar situações adequadas para que o estudante identifique estas situações como um problema a ser resolvido. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Vergnaud (1990) enfatizam a importância desta identificação para uma aprendizagem significativa. Falta o professor assumir o seu papel de agente ativo, provedor destas situações, para que ocorra o desenvolvimento conceitual dos alunos. Quando o professor simplesmente discursa para os alunos, ele assume uma posição passiva frente à aprendizagem destes estudantes. Isto porque, possivelmente, não está ocorrendo aprendizagem. Vygotsky enfatiza o papel mediador do professor para o desenvolvimento cognitivo do aluno. A dificuldade da aprendizagem pode ser percebida, por exemplo, quando é proposta a resolução de diferentes problemas que fazem parte da estrutura conceitual de um determinado conhecimento. Ou quando as diferentes situações a serem resolvidas fazem parte de conceitos pertencentes a um determinado campo conceitual. Podemos dar um exemplo na situação da conceituação de fotossíntese. A fotossíntese é um conceito e ao mesmo tempo, um campo conceitual, pois este conceito é constituído por diferentes conceitos (enzima, moléculas orgânicas, energia, metabolismo). No trabalho realizado por Tauceda, Del Pino e Nunes (2012), foi constatado que na sala de aula com metodologia de ensino tradicional (narrativo), ocorreu menor conceituação de fotossíntese, cientificamente aceita, do que na sala de aula onde foi desenvolvida a metodologia

diferenciada da TCC. Na turma tradicional, muitos alunos não conseguiram resolver as situações diferentes que faziam parte da estrutura dos conceitos relacionados à fotossíntese; eles não desenvolveram um esquema mental para conceituar fotossíntese. Faltou-lhes o debate de situações problema durante o processo de ensino para que fossem identificadas concepções prévias para que estes conhecimentos fossem inseridos nas situações-problema avaliativas. A importância das situações no processo de conceituação é enfatizada por Moreira (2002), quando ele afirma que um único conceito não se refere a um só tipo de situação, e uma única situação não pode ser analisada com um só conceito.

A TCC considera a conceituação a essência do desenvolvimento cognitivo ao promover um avanço na capacidade de abstração. Este processo ocorre através da resolução de situações problemáticas cada vez mais complexas, pois os conceitos apresentam, em sua estrutura, além dos invariantes operatórios e das representações, as situações que dão sentido aos conceitos. Cada vez que o aluno conceitua (na resolução de situações), ele está apto para resolver outras situações que vão abarcar os conceitos que fazem parte daquele campo conceitual. Como ocorre uma “ponte” cognitiva no ensino baseado na TCC, o aluno ao conceituar na resolução das situações problema, ele indica que está ocorrendo compreensão. A compreensão dos conceitos implica a aptidão para resolver as situações diferentes que envolvem determinado conceito. Isto significa que na TCC, o aluno não aprende determinado “conteúdo” somente para realizar uma prova. Ele necessariamente deverá saber aplicar este conceito na resolução de diferentes problemas, pois ele formou um esquema mental. Em Moreira (2002) é discutido essa questão de “reprodução de conhecimentos”. Ele afirma que se a prova contiver questões sobre o assunto que reproduzam a maneira como o professor explicou, ele provavelmente responderá corretamente às questões. Mas se estas questões implicarem a resolução de situações “novas” que envolvam aquele conhecimento, o resultado será outro. Os alunos irão falar que não foi “ensinada esta matéria”.

No ensino baseado na TCC, o conceito é compreendido como constituído, principalmente, das situações que lhe dão os significados. E são essas situações que irão promover a “ponte” cognitiva entre saberes do cotidiano e os pertencentes à escola (científicos). Será o professor que organizará estas situações problemáticas, de acordo com a sua compreensão dos conceitos científicos que constituem sua área de atuação e de acordo com os conceitos prévios dos alunos. Como foi realizada esta “ponte”

cognitiva, o aluno não utilizará estes conhecimentos apenas para situações imediatas, previamente conhecidas. Ele terá a capacidade mental, que foi fornecida pela sua conceituação e compreensão, para aplicar estes conhecimentos em diferentes situações que compõem determinado conceito. Os estudantes, em sua maioria, não estão aptos para resolverem diferentes problemas que envolvam determinado conhecimento (conceito). Eles estão sendo preparados pela escola, a reproduzirem simplesmente, os conteúdos que são “ensinados” pelo professor. Como o aluno apenas memoriza estes conteúdos de ensino para o dia da prova, estes conhecimentos não são operacionais, pois não foi desenvolvida, pela escola, a capacidade para resolver diferentes situações-problemáticas teóricas ou relacionadas com o seu cotidiano.

Já havíamos dito que estas situações devem conter elementos conceituais que o aluno possa identificá-las como problemas a serem resolvidos. Neste processo de conceituação, ele provavelmente estará armazenando estas informações na memória de longo prazo. A conceituação envolve lembrar os conhecimentos para aplicá-las na resolução de diferentes problemas. Tauceda et al. (2012) exemplifica esta recursividade na aprendizagem da fotossíntese. Na aula com metodologia diferenciada (baseada na TCC), as diferentes situações-problema utilizadas para relacionar as concepções prévias com os conteúdos de ensino, contribuíram para a aprendizagem da fotossíntese, diferentemente do que foi observado na aula com metodologia tradicional, narrativa. Estes resultados foram identificados, ao serem analisadas as respostas das situações-problema avaliativas.

Estudos na neurociência, principalmente aqueles relacionados à memória, nos levam a fazer algumas relações entre esta área e os estudos na psicologia cognitiva. Segundo Vergnaud (1990), é importante às situações-problemáticas conterem conhecimentos constitutivos da estrutura cognitiva do aluno, pois ele tem que reconhecer estas situações como um problema. Segundo Izquierdo (2011, p. 80), “... para evocar uma memória é preciso recriá-la conclamando a ação o maior número possível de sinapses pertencentes aos estímulos condicionados dessa memória”. Segundo Ausubel (2000), os conhecimentos prévios são os elementos cognitivos mais importantes para a aprendizagem. Vergnaud (1994) também reconhece a necessidade de conhecer a estrutura conceitual dos esquemas dos conhecimentos prévios, muitos desenvolvidos fora do ambiente escolar.

Por que estes três autores, enfatizam a importância para a aprendizagem das concepções prévias dos estudantes? Ao fornecer situações que contenham conceitos prévios, significativos para os alunos, o professor estará “recriando” esta memória, já adquirida. E através desta evocação de conhecimentos armazenados na memória, será possível, através de situações que também evidenciem os novos conhecimentos (além dos prévios), relacionar a estrutura cognitiva prévia com a estrutura conceitual nova, originando um novo conhecimento (uma ressignificação dos conhecimentos de ensino). Mas o mais importante é que o professor poderá identificar as rupturas e continuidades do conhecimento-em-ação durante a aprendizagem, e isto só será possível se o aluno possuir elementos cognitivos que o possibilitem reconhecer estas situações como um problema.

Feynman (2006), prêmio Nobel de física, relata as suas experiências com estudantes no Brasil. Ele afirma que os brasileiros apresentam uma carga horária alta no ensino médio, comparado a outros países, e eram os que menos aprendiam a matéria. Ele conclui que isto pode ser resultado do método de aprendizagem que prioriza a memorização mecânica ao invés do raciocínio. Cordeiro, Venturi e Hollanda (2009), relatam que os resultados do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica) e PISA (Programme for International Student Assessment) mostram a ineficiência da aprendizagem do ensino em nosso país.

Finkel (2008) afirma que a educação deveria proporcionar aprendizagens relevantes, de longa duração, que modificassem, aprofundassem e ampliassem a nossa forma de compreender o mundo.

Mas qual a relação entre a teoria dos campos conceituais de Vergnaud e do “aprender a aprender”? Segundo Moreira (2011), o discurso educacional contemporâneo é do aprender a aprender. Porém a escola continua com os professores narrando e ensinando de maneira behaviorista.

Para que o professor mude a sua estratégia de ensino é necessário que ele compreenda como o aluno aprende. A TCC parece indicar uma possibilidade para este entendimento. O aprender a aprender envolve interação na sala de aula. Nenhuma aprendizagem ocorre com o sujeito isolado de seu contexto social (professor-aluno/aluno-aluno). A TCC também é interacionista, pois é valorizada a função do professor na proposição de situações problemáticas adequadas para que os alunos

possam resolver. É interacionista quando pressupõe um conhecimento prévio do professor em relação aos conhecimentos prévios dos alunos, e a partir desta compreensão, elaborar as situações problemáticas. O professor é o mediador dos conhecimentos. Ele deve estabelecer um ambiente dialógico na sala de aula onde os alunos possam explicitar suas concepções prévias na interação aluno-aluno-professor.

O aprender a aprender também considera a apropriação dos conhecimentos de uma forma peculiar, diferente daquela que estamos acostumados na rotina da sala de aula: ou o aluno aprendeu ou ele não aprendeu. O ensino centrado no aluno, do aprender a aprender, ao contrário, considera o processo de aprendizagem, único de cada aluno (pois cada um apresenta uma vivência específica). Desta forma, não podemos considerar na avaliação da aprendizagem o “certo ou errado”. O aluno para aprender a aprender, necessita ancorar-se nos significados já construídos por ele. Segundo Toulmin (1977), conceitos fundamentam a compreensão humana; eles nascem, morrem, são substituídos, adquirem outros significados, sobrevivem e evoluem.

Moreira, (2002) destaca que a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud também enfatiza a progressividade e a não linearidade da aprendizagem significativa, pois o campo conceitual é um campo de situações-problema em distintos níveis de complexidade. Por exemplo, os conceitos relacionados à área de conhecimento da biologia. Este é um campo de diferentes situações problema, cuja resolução envolve conceitos e procedimentos da biologia, da física, da química, da matemática e da história da ciência. O domínio de qualquer campo conceitual (por mais restrito que seja), como envolve diferentes conceitos, é lento, não linear, pois envolve diferentes continuidades e rupturas. E não é uma avaliação do tipo “certo/errado” (que enfatiza o resultado do ensino), que possibilitará a identificação do processo da aprendizagem pelo professor e aluno. Esta identificação ocorrerá através da conscientização do desenvolvimento conceitual, quando há a reflexão das dificuldades na formulação das hipóteses para a resolução dos problemas.

Outro fator limitante para o ensino centrado no aluno, do aprender a aprender, é que o estudante está familiarizado com o monólogo do professor, interpretando esta narrativa como “dar aulas”. O professor deve propor estratégias instrucionais que promovam a fala do aluno para expor os significados do que ele está aprendendo (MOREIRA, 2011). Estas estratégias que estimulam o diálogo, a troca de experiências e reflexões, através da resolução de situações problemáticas (como a proposta pela TCC),

foram identificadas como fator de melhoria da aprendizagem em Grings, Caballero e Moreira (2006) e Tauceda et al. (2012), na formação de esquemas e conceituações de temperatura e nas conceituações de fotossíntese, consecutivamente. Para Vergnaud (1996), os esquemas são constituídos por invariantes operatórios chamados também de conhecimentos-em-ação, que por sua vez, são constituídos por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação, que constituem a parte conceitual e operacional dos esquemas. Teorema-em-ação é uma proposição considerada verdadeira sobre o real e conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. Esse conhecimento, que é principalmente implícito, o aluno apresenta dificuldade de explicá-lo. Isso não significa que este conhecimento não existe ou que não possa ser explicitado. No processo de explicitação do conhecimento implícito (através da ação mediadora do professor de prover situações problemáticas significativas para os alunos), os teoremas e conceitos-em-ação podem ser debatidos e modificados tornando-se mais próximos dos conhecimentos científicos.

4. Considerações Finais

O aprender a aprender ou o ensino centrado no aluno envolve recursividade dos processos de aquisição dos conhecimentos, e estes, estão presentes na TCC de Vergnaud. A recursividade é importante porque somente através dela o aluno irá refletir sobre o seu processo “do aprender”. Em que momento está presente esta recursividade? A questão principal são as situações problemáticas. São elas que, através das interações reflexivas entre os alunos e professor, irão tencionar as rupturas e continuidades entre os conhecimentos prévios e novos. Neste retorno à sua base conceitual, o aluno identifica as limitações desta, durante a resolução das situações. Ele percebe que aprender é formular hipóteses, como diz Grossi (2006). Não importa se estes conhecimentos formulados, através da interação reflexiva entre novos e prévios, não estão corretos ou parcialmente corretos. O que interessa são as possibilidades que o professor oferece para explicitar estes conhecimentos. Segundo Vergnaud (1996), o caráter do conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado.

Na TCC, o conhecimento não é composto de conceitos formais como nós estamos acostumados. O conceito tem outra definição, e esta, não é encontrada sem a

ação do sujeito durante o ato de aprender. Um conceito escrito pelo professor no quadro de giz ou no livro texto não significa muita coisa. É o sujeito que lhe dá significado durante a ação de resolver um problema, pois não existe conceito sem situação. A definição do conceito de Vergnaud pode ser a maior aproximação entre o ensino centrado no aluno (ou o ensino baseado no aprender a aprender) e a TCC. A partir desta definição, se originam as demais concepções de Vergnaud (professor, aluno e conhecimento). Principalmente, na TCC o professor possui um papel mais amplo do que simplesmente ensinar conteúdos (embora esta seja a principal função da escola no ensino tradicional). Ao professor, cabe a tarefa de ensinar o aluno a aprender a aprender.

5. Referências bibliográficas

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. E HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

CORDEIRO, M. L. X.; VENTURI, J. J.; HOLLANDA, F. C. **Considerações sobre o Ensino Médio e o Novo Enem**. In: Curitiba - Sindicato dos estabelecimentos particulares de ensino do estado do Paraná, 2009.

DESCARTES, R. **Meditações Metafísicas**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

FEYNMAN, R. P. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!** Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2006.

FINKEI, D. **Dar Clase de Boca Cerrada**. Valencia: Publicaciones de la Universitat València, 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

GROSSI, E. P. Esquemas de pensamento, campos conceituais e teoremas em ação: um espaço de problemas do pós-construtivismo. In: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais-INEP (Org.), **Anais do Seminário Internacional sobre Didática da Matemática**, Porto Alegre: INEP, 2001.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações**. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

HODSON, D. The Nature of Scientific Observation. **School Science Review**, v. 63, n. 223, p. 360-365, 1986.

IZQUIERDO, I. **Memória**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2-17, 2011.

PIAGET, J. A **Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

RIBEIRO, G. de B. A Epistemologia tradicional sob uma nova crítica nominalista: alguns termos da perspectiva de Wilfrid Sellars. **Diversa**, v. 1, n. 2, p. 57-68, 2008.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

PRAIA, J. F.; CARRELLHAS, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C. Modelos e outras representações mentais no estudo do DNA em alunos do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 337-354, 2010.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. A resolução de problemas e a aprendizagem dos conceitos sobre metabolismo celular no referencial teórico dos campos conceituais. In: Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da UTFPR (Org.), **Anais, III Seminário Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa: Pós Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, UTFPR, 2012.

TOULMIN, S. **La Comprensión Humana: El uso Colectivo y la Evolución de los Conceptos**. Madri: Alianza Editorial. 1977.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T., MOSER, J. e ROMBERG, T. (Org.). **Addition and Subtraction. A Cognitive Perspective**. p. 39-59. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) – Rio de Janeiro: Instituto de Matemática da UFRJ. **Anais do I Seminário Internacional de Educação Matemática**, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In GUERSHON, H. AND CONFREY, J. (Orgs.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**, p. 41-59. Albany, N.Y.: State University of New York Press, 1994.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, n. 4, p. 9-19, 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

VYGOTSKY, L. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

ZABALA A. Concepção da aprendizagem e enfoque globalizador. In: ZABALA A. (Org.) **Enfoque globalizador e pensamento complexo**, p. 89-136. Porto Alegre: ArtMed, 2001.

8 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Mortimer (2002) sugere que, para que uma ferramenta analítica possa apresentar impacto nas práticas pedagógicas do dia-a-dia, particularmente no ensino de ciências, deve preencher dois critérios: capturar efetivamente os aspectos principais do que ocorre nas salas de aula, e ser desenvolvida em um nível de detalhe apropriado, de modo a facilitar o trabalho de análise e planejamento de ensino. Evidenciou-se que a proposta metodológica dos campos conceituais cumpre estes dois critérios. No primeiro, consideramos que esta metodologia/teoria capta as significações que transitam no contexto escolar e da sala de aula, pois é pautada na investigação dos conceitos construídos, e em evolução na resolução das situações problematizadoras. Em relação ao segundo critério, consideramos que esta metodologia também cumpre o seu papel de ressignificar a prática docente, pois seu desenvolvimento está fundamentado em situações-problema significativas, e no debate para tentar resolvê-las. O contexto escolar e da sala de aula é rico nestas situações.

As conclusões que chegamos em relação ao processo da aprendizagem, na perspectiva de Vergnaud, é de que em alguns momentos o processo foi facilitado, em outros, a dificuldade residiu na elaboração de situações adequadas, tanto para alunos como para professores. A mediação por parte do professor, ressignificando a sua teoria e redirecionando a sua prática, em uma perspectiva reflexão-ação, é fundamental para a elaboração de situações significativas. Isto quer dizer que o contexto em que ocorre as aprendizagens, direciona a ação do professor. Assim, situações dialógicas formam profissionais dialógicos, que por sua vez, compreendem a importância do debate para desenvolver aprendizagens em seus alunos.

Os pressupostos teóricos de Vergnaud nos indicaram um caminho pedagógico a seguir, pois orientaram a nossa prática em direção ao desenvolvimento da aprendizagem do aluno investigador. A análise da estrutura conceitual de conhecimentos, os invariantes operatórios (prévios/novos/de ensino) forneceu uma ideia mais ampla do processo da aprendizagem, no momento em que esta ocorre. Mas o redirecionamento da prática na sala de aula, também provocou uma ampliação no campo conceitual da pesquisadora, quando formaram-se redes entre os conhecimentos relativos ao “aprender a aprender” e ao “aprender a ensinar”. A proposta de Vergnaud

proporcionou uma reflexão-ação na pesquisadora, pois muitas situações foram problematizadas, e para resolvê-las, muitos conhecimentos foram construídos por alunos e professores investigadores, nos quais a autora/professora/pesquisadora se inclui.

O aprender como aprende o aluno, mostrou, neste estudo, de que forma direcionar as ações dos futuros professores de ciências, isto é, aprender como ensinar. A compreensão do campo conceitual da epistemologia, fundamentou as metodologias pedagógicas escolhidas pelos graduandos; ou os conhecimentos/conceitos eram considerados como algo a ser transmitido, ou eram considerados como advindos da observação direta de fenômenos. Frente a este cenário vivenciado, sugere-se desenvolver situações-problema sobre as vivências na sala de aula, em relação aos conceitos da epistemologia e das teorias pedagógicas.

As reflexões sobre o aprender a ensinar, desencadeadas a partir deste estudo, também se converteram em práticas que a professora/pesquisadora desenvolveu na sala de aula. Os alunos, por sua vez, começaram a posicionar-se de outra forma frente à matéria de ensino, compreendendo a metodologia proposta, propondo mudanças, ou criticando, mas nunca indiferentes. Em um contexto mais amplo, na escola, em um determinado momento, foram elaborados alguns questionamentos sobre a importância do laboratório para atividades práticas de biologia, que é mais uma estratégia de ensino na promoção do aluno pesquisador em situações-problema, como é indicado em Tauceda (2013).

A professora/pesquisadora, desta forma, inseriu-se no movimento mais amplo do contexto escolar; em um determinado momento foram realizados alguns debates, junto aos professores, que contemplavam conhecimentos relacionados a um projeto educacional específico, mas raramente embasados nas práticas do dia a dia dos professores. Este fato também contribuiu para reforçar a reflexão-ação da professora pesquisadora.

Propomos refletir as teorias de aprendizagem, como a de Vergnaud, a partir das teorias pedagógicas. Por exemplo, na interação da proposta de Vergnaud com a de Nóvoa, Schön e Demo, consideramos que ocorre uma articulação de ideias cognitivo/construtivistas/interacionistas, com aquelas compartilhadas com as do ensino por pesquisa, em uma perspectiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente).

Segundo Canavarro (1999), e Praia (1999), a aprendizagem deve considerar conteúdos interdisciplinares e transdisciplinares, culturais e educacionalmente relevantes. Em um estudo de Frison et al (2012), esta necessidade de articulação é explicitada, pois para os alunos, para garantir uma melhor eficiência na sala de aula, o professor precisa selecionar o conteúdo e planejar as suas aulas considerando as peculiaridades do aluno (idade e contexto sociocultural). Para Vasconcelos et al. (2003), este enfoque no ensino em ciências, é a compreensão das relações CTSA, em que as aprendizagens se tornam úteis aos alunos, numa perspectiva de ação, procurando valorizar as aprendizagens dos objetivos educacionais, e não meramente instrucionais. A pesquisa compartilhada e as discussões que advém destas ações, desviam a atenção do professor para o aluno como construtor de seu conhecimento.

Consideramos que um ambiente que promova interações ente os conhecimentos de professores, alunos e academia, é fundamental para a produção de significações relacionadas à pertinência de determinadas escolhas metodológicas e curriculares dos professores. O resultado para os alunos é a aprendizagem, como propõe a figura 8, abaixo:



Figura 12 – Proposta de contextualização na produção de aprendizagens dos objetivos instrucionais com os objetivos educacionais, através de situações-problema, no enfoque dos campos conceituais de Vergnaud.

Nesta perspectiva, do contexto impulsionando as problematizações, Vergnaud (2003, p. 43) enfatiza:

Um professor sozinho, isolado, mesmo que tenha muito talento, não vai resolver esse problema. Por isso, é preciso pensar sempre em equipes de pesquisa de ensino, em comunidades que evoluam juntas nessa questão, a longo prazo. O desenvolvimento de didáticas leva muito tempo, e a mudança de práticas e de atitudes demora mais do que a mudança tecnológica.

O objetivo desta pesquisa é problematizar os conhecimentos produzidos, através da reflexão que cada leitor fará a partir de seus contextos; estes contextos, também repletos de situações problematizadoras. Frente a estas questões que provavelmente irão emergir, sugere-se outros estudos com o foco interacionista ente os objetivos educacionais e os instrucionais, visto que só há aprendizagem com o desenvolvimento de conceitos, e só se desenvolvem os conceitos no processo da aprendizagem; este processo é contextual e recursivo. O aprender, o ensinar, e o que aprender, se tornam então uma unidade educativa dinâmica.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BIGGE, M. L. **Teorias da aprendizagem para professores**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1977.

BITTAR, M e FERREIRA Jr. História e Filosofia da Ciência. In: SOUZA, M. F. M. e MORAES, A. S. (Orgs.) **Origem e Evolução dos Conhecimentos** (p. 14-30). Pará: UFOPA, v. 1, 2012.

CANAVARRO, J. M. **Ciência e Sociedade**. Coimbra: Quarteto Editora, 1999.

CANDAU, V. M. Formação continuada de professores: tendências atuais. In: CANDAU, V. M. (Org.) **Magistério: Construção Cotidiana** (p. 51-68). Petrópolis: Vozes, 1997.

COBERN, W. W. World view, culture, and science education. **Science Education International**, v. 5, n. 4, p. 5-8, 1994.

DELIZOIC, D.; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

DEMO, P. **Educar pela Pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 1998.

DEMO, P. **Pesquisa: Princípio Científico e Educativo**. São Paulo: Cortez, 1999.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2004.

FRISON, M. D.; VIANNA, J.; RIBAS, F. K. Ensino de ciências e aprendizagem escolar: manifestações sobre fatores que interferem no desempenho escolar de estudantes da educação básica. In: IX ANPED-sul (Seminário de Pesquisa de Educação da Região Sul – RS, Caxias do Sul: 2012. **Atas do IX ANPED-sul (Seminário de Pesquisa de Educação da Região Sul** Disponível em: www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2215/535 Acesso em: 15 de maio de 2014.

GALIAZZI, M. C. **Educar pela Pesquisa: Ambiente de Formação de Professores de ciências**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

GROSSI, E. P. **Aprender é Formular Hipóteses. Ensinar é Organizar Provocações**. Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: O Caso do Ensino das Ciências em São Paulo. **Perspec.** v. 14, n. 1, 2000.

KREY, I. e MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.**, v. 3, n. 3, 2009.

MATTHEWS, M. R. Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. **Review of Educational Research**, v. 22, p. 299-307, 1992.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2006, Madrid. Actas do V Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, Madrid, España, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisocritica.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2014.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Disponível em: <www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritiport.pdf>. Acesso em 9 de mar de 2010.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n.1, p.2-17, 2011.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para Onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Editora Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NÓVOA, A. formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.) **Os Professores e a sua Formação**, p. 13-33, Lisboa: Dom Quixote, 1992.

OSBORNE, J. Beyond constructivism. **Science Education**, n. 80, p. 53-82, 1996.

PIAGET, J. **A Tomada da Consciência**. São Paulo: Melhoramentos e EDUSP, 1977.

POSTMAN, N. e WEINGARTNER, C. **Teaching as a Subversive Activity**. New York: Dell Publishing Co., 1969.

POZO, J. I. **Teorías Cognitivas del Aprendizaje**. Madrid: Morata, 1989.

PRAIA, J. F. **Relatório da disciplina de Didáctica da Geologia**. Porto: Universidade do Porto, 1999.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.) **Os professores e a sua formação** (p. 77-91), Lisboa: Dom Quixote. 1997.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. A resolução de problemas e a aprendizagem dos conceitos sobre metabolismo celular no referencial teórico dos

campos conceituais. In: SINECT- III Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – PR, Ponta Grossa: 2012. **Atas do III SINECT, Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)**, CD-ROM, 7pdf, 2012. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2012/ensalamento.php?ordem01=area2012>> Acesso em 4 fev. 2013.

TAUCEDA, K. C. O laboratório de biologia na escola: desafios e perspectivas. In: SCHÄFFER, N. O.; TRAVERSINI, C. S.; TOUGUINHA, L. A (Orgs.) **A Construção Cotidiana da Docência**, p. 81-92. São Leopoldo: Oikos, 2013.

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud e as interações na sala de aula. In: VIII Congresso da Rede Latino-Americana Pedagogia, Linguagem e Democracia – SP, Rio Claro: 2013. **Atas do VIII Congresso da Rede Latino-Americana Pedagogia, Linguagem e Democracia**, Rio Claro: UNESP, CD-ROM. http://www.rc.unesp.br/latinoamericana/apresentacao_oral.html (eixo 4), 2013.

TAUCEDA, K. C.; NUNES, V. M.; DEL PINO, J. C. O desenvolvimento de possíveis indicadores de invariantes operatórios por estudantes do ensino médio na disciplina de biologia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 98-110, 2013a. Disponível em: <<http://if.ufmt.br/eenci/index.php?go=artigos&idEdicao=33>> Acesso em 8 dez. 2013.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: uma proposta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio. In: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias – Espanha, Girona: 2013. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p.754-758, 2013b. Disponível em: <http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/htm/comunicaciones.html> Acesso em fev. 2014.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C.; NUNES, V. M. O PIBID na formação inicial de professores de ciências da natureza: uma pesquisa no referencial dos campos conceituais de Gérard Vergnaud. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – SP, Águas de Lindóia: 2013. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013c. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/testes/ixenpec/indiceautor.htm#K>> Acesso em mai. 2014.

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A aprendizagem na fotossíntese no ensino médio através de aulas experimentais no referencial da teoria dos campos conceituais: uma proposta metodológica e alguns resultados parciais. In: XII Encontro sobre Investigação na Escola – RS, Santa Maria: 2013. **CCNEXT-Revista de Extensão/Centro de Ciências Naturais e Exatas-UFSM**, v. 1, n. 1, 2014a.

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. O PIBID na formação inicial de professores de química: alguns resultados no referencial dos campos conceituais de Vergnaud. In: VII Encuentro Iberoamericano de Colectivos y Redes de Maestros y Maestras que hacen Investigación e Innovación desde su Escuela y Comunidad – Peru, Cajamarca: 2014. **Atas do VII Encuentro Iberoamericano de Colectivos y Redes de Maestros y Maestras que hacen Investigación e Innovación desde su Escuela y Comunidad**, Peru: Coletivo Peruano de Docêntes, 2014b. (No Prelo)

TAUCEDA, K. C. E DEL PINO, J. C. A avaliação na perspectiva dos campos conceituais de Vergnaud: um estudo do ensino-aprendizagem de ciências em diferentes níveis. In: ICSE2014 – 2d International Congresso of Science Education – Paraná, Foz do Iguaçu: 2014. **Journal of Science Education**, número especial, 2014c. (No Prelo)

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A aprendizagem significativa de Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud na formação de professores de ciências através do PIBID. In: 5º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa – Pará,

Belém: 2014. **Atas do 5º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa**, Pará: UEP-Universidade Estadual do Paraná, 2014d. (No Prelo)

TAUCEDA, K. C. e DEL PINO, J. C. A Teoria dos Campos Conceituais e a reflexão-ação na formação dos professores de ciências através do PIBID. In: VI Congresso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciências – Colômbia, Bogotá: 2014. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, número extra, Bogotá: Universidade de São Tomás, 2014e. (No Prelo)

TUNES, E.; TACCA, M C..V. R.; JÚNIOR, R. S. B. **O professor e o ato de ensinar. Cadernos de Pesquisa**, v. 35, n. 126, p. 689-698, 2005.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J. F.; ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da Instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 7, n. 1, p. 11-19, 2003.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In: CARPENTER, T.; MOSER, J.; ROMBERG, T. (Orgs.) **Addition and Subtraction. A Cognitive Perspective**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. p. 39-59, 1982.

VERGNAUD, G. Multiplicative structures. In: HIEBERT, H. and D. BEHR, M. (Orgs.) **Research Agenda in Mathematics Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, p. 141-161, 1988.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. and CONFREY, J. (Orgs.) **The Development of Multiplicative Reasoning in the**

Learning of Mathematics. Albany, N.Y.: State University of New York Press. p. 41-59, 1994.

VERGNAUD, G. Education: the best part of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n. 2/3, p. 112-118, 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n.2, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, G. A gênese da teoria dos campos conceituais. In: GROSSI, E.P. (Org.). **Por que ainda há quem não Aprende?** Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

VERGNAUD, G. **Lev Vygotsky: pedagogo e pensador do nosso tempo.** Porto Alegre: GEEMPA, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1991.

10 APÊNDICES

10 1 PRODUÇÃO PARA APOIO PEDAGÓGICO

Os materiais de ensino listados a seguir foram apresentados, debatidos e modificados, entre 2010 e 2013, como resultado de questionamentos produzidos no contexto da sala de aula, entre a professora e os estudantes de 1º ano na disciplina de biologia; e junto aos professores durante as Jornadas Pedagógicas realizadas no Colégio Estadual Júlio de Castilhos-Porto Alegre/RS, em 2011 e 2012.

10 1 1 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA
ATRAVÉS DO DEBATE DE FILME.

Relatório 1 – Filme: “Poeira das Estrelas” Disponível em

<<http://historia.culturalivre.com/universo/serie-poeira-das-estrelas-completa-as-origens-de-tudo/>>

1. Explique as teorias antigas sobre a origem do universo, identificando algumas características da sociedade em que estas teorias se desenvolveram.
2. Explique como ocorreu a evolução da ideia da gravidade, citando os cientistas, o contexto histórico em que eles viviam, e como eles compreendiam a gravidade.
3. A ciência é sempre a mesma ou sofre alterações ao longo dos séculos? Cite um exemplo e explique a sua resposta.
4. O que é mais importante para o pensamento científico, a observação, a teoria e/ou a experimentação (prática)? Explique dando exemplos históricos onde prevaleceram cada pensamento, entre os cientistas e “pensadores”.
5. Os eventos históricos influenciam o desenvolvimento da ciência? Dê um exemplo e explique.
6. Como Einstein procurou comprovar a teoria da relatividade?
7. Qual foi a história evolutiva do nosso planeta?

10 1 2 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA ATRAVÉS DO DEBATE DE TEXTO.

EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE UNIVERSO, SISTEMA SOLAR E DO PLANETA TERRA, AO LONGO DA HISTÓRIA

RESPONDA 1

1. O ser humano interage com o meio ambiente e a sociedade, e nesta relação ele se modifica e transforma o meio ao seu redor; ao mesmo tempo procura compreender o ambiente. Para você, o que é o meio ambiente, a sociedade e o universo? Como se relacionam?
2. Como você explica a origem do universo, galáxias, estrelas, planetas?
3. Eles relacionam-se entre si?

HOMEM PRIMITIVO

O homem pré-histórico deixou vestígios de sua percepção do universo (representada pela natureza que o rodeava) nas pinturas no interior das cavernas (rupestres). Este homem corresponde às espécies *Homo sapiens neandertalensis* e *Homo sapiens* (Homem de Cro-magnon), que viveram entre 100.000 a 35.000 anos atrás.

Para ele, o mundo era habitado por coisas visíveis e invisíveis (espíritos). Estes espíritos habitavam talvez os animais, as árvores, o mar, o vento e se manifestavam através de forças da natureza, como trovão, relâmpago. Doenças e catástrofes naturais (ex. enchentes) eram manifestações do espírito do mal. O homem primitivo se relacionava com o universo e o explicava através da magia, e a função do mago ou feiticeiro pré-histórico, consistia em submeter estas forças sobrenaturais ao seu objetivo, isto é, persuadir os espíritos a cooperar. O homem primitivo preocupa-se mais em controlar o universo através do domínio dos espíritos do que explicar a sua origem. De qualquer maneira, qualquer explicação deste tipo deveria envolver a ação de forças espirituais sobre a natureza. Ele tem uma relação de grande dependência com a

natureza, pois sua tecnologia é muito pobre (pedras polidas, por exemplo), dificultando sua ação na natureza para sua sobrevivência. Por isso, sua visão de universo se resume a natureza que o rodeia, sendo esta natureza controlada por espíritos (futuros deuses). Os espíritos eram a própria natureza.

Povos antigos explicavam que o Universo estava dentro da Terra. E a Terra seria um enorme bloco colocado sobre um gigantesco bicho (elefante, tartaruga), que se moveria no nada.

Outros ainda entendiam o Universo como uma bola oca, estando a Terra e o céu na sua parte de dentro. Fora não existiria nada. O fim da Terra se ligava com o começo do céu; e o fim do céu com o começo da Terra.

HOMEM DA ANTIGUIDADE I

(Idade do Metal-Neolítico até a Grécia Antiga, isto é, de 4.000 a.C. até o século VIII a.C.)

O homem explicava e se relacionava com o universo (a natureza que o rodeava) através do MITO. Nesta concepção, deuses humanizados controlavam o universo. Algumas concepções sobre a origem do universo a partir desta ideia do mito: o universo seria o resultado do “namoro” entre os astros ou o universo teria se originado do confronto ou divisão de elementos da natureza. Antes dos filósofos "pré-socráticos" (século -VI), a concepção grega do Universo era guiada, primordialmente, pelas aparências: a Terra, estática, era o centro de tudo; o céu era uma abóbada que recobria a Terra; e o Sol, é claro, girava em torno da Terra... Tudo, desde a formação do Universo até o mais simples dos fenômenos naturais recebia uma explicação mítica. Alguns exemplos: o Universo tinha sido formado a partir de Gaia, a terra, e de Urano. O céu; os relâmpagos eram lançados por Zeus, o "amontoador de nuvens"; a chuva era também obra dele e, quando chovia, dizia-se "Zeus está chovendo"; os terremotos eram atribuídos a Posídon, o "abalador do chão". Através do avanço tecnológico (metais, armas mais sofisticadas, utensílios para o uso diário), a ação do homem sobre a natureza é mais planejada, obtendo com isso resultados mais previsíveis. Os fenômenos da natureza ainda são um mistério, porém, existe um conhecimento acumulado sobre alguns elementos da natureza, e ela vai perdendo sua essência espiritual/ sobrenatural e

incontrolável. Um exemplo disto é o conhecimento dos egípcios antigos sobre os ciclos do Rio Nilo e que influenciavam sua produção agrícola. Porém, os deuses ainda controlam o universo, pois o conhecimento do homem na antiguidade ainda é escasso sobre a natureza. O conhecimento do homem acerca da natureza (universo) faz com que ela perca, em certo grau, seu caráter espiritual (místico). Então, torna-se necessário que os espíritos (deuses), se afastem da natureza e se aproximem do homem, para que a vida tenha mais sentido. Também surge a divisão de classes entre camponeses e aristocracia (posição social baseada em sua relação privilegiada com os deuses e no domínio das riquezas). Desta forma, os deuses imortais, poderosos representados por figuras humanas, muito se assemelham com a classe dominante da época. Até este período, que podemos denominar de período pré-racional ou pré-científico, o mundo divino operava no mundo da natureza. O mago/sacerdote tinha conhecimento da natureza e acesso aos espíritos/deuses. Não existia conflito entre ciência e religião (aqui entendido como ciência, todo meio racional de controlar fatos observados, ex. o controle do fogo para derreter metais e fazer armas. Esta tecnologia é resultante do conhecimento de que o fogo derrete determinados materiais).

HOMEM DA ANTIGUIDADE II

(Séc. VIII a.C. até 395 d.C. - Os primórdios do pensamento científico)

Tales é o mais antigo dos filósofos pré-socráticos (fundadores da ciência grega), nome convencional dado a diversos intelectuais que viveram nos séculos VI e V a.C. e procuravam explicar o Universo sem recorrer à religião e aos mitos. Utilizavam o pensamento racional para explicar os fenômenos da natureza, tema central a ser investigado. Este avanço na concepção da natureza (universo), foi impulsionado pela organização das cidades polis que proporcionava o encontro para o debate de diversas situações do dia-a-dia. Este debate levou ao pensamento questionador da realidade. A origem do universo era explicada através de elementos observados na natureza e que eram passíveis de um pensamento racional: terra, água, ar, fogo e números. O sol, estrelas, animais e plantas originaram-se destes elementos. As estações não são resultado da ação de nenhuma mente, deuses ou providência, mas natural e casual.

O HOMEM DA IDADE MÉDIA (395 a 1453)

Os romanos, conquistadores da Grécia Antiga, pouco cultivavam sua tradição científica. Além disso, a religião cristã, que dominara o ocidente, também contribuirá para o seu declínio. Os invasores de diversas etnias e culturas tinham naturalmente uma atitude hostil face à ciência e cultura greco-romana, que era a de seus oponentes militares. A única estrutura dentre as instituições romanas que sobreviveu quase intacta a estas mudanças foi a Igreja Católica. Adotada ainda no Império Romano a autoridade sacerdotal máxima era a do papa, o Sumo Pontífice, literalmente, o construtor da ponte suprema entre o céu e a Terra. No período subsequente ao colapso do Império Romano, a Alta Idade Média, houve um novo tipo de economia praticamente estática na Europa ocidental, o feudalismo. Ao invés do intenso comércio e circulação de mercadorias, pessoas e ideias, no Império, tem-se uma economia predominante agrícola, centrada em pequenas unidades de administração e poder. Este contexto social estagnado, isolado e sem possibilidade de debate sobre o cotidiano, possibilitou que dogmas religiosos se sobrepussem ao pensamento racional e crítico do universo, facilitando também que a sociedade permanecesse com tal: camponeses pobres e senhores feudais ricos. Existiram ao longo da Idade Média duas atitudes antagônicas face à pesquisa científica, que se alternaram ao longo dos séculos:

a) Negação das ideias "pagãs" de origem grega, para reafirmação da nova religião (a cristã) como detentora da explicação fundamental do mundo.

b) Exortação do estudo da obra divina que é o mundo (que "Ele viu que era bom", conforme afirma o Gênesis), descobrindo na natureza manifestações da perfeição divina, principal função de seu estudo.

O modelo das esferas homocêntricas, adotado por Aristóteles, permaneceu parcialmente vivo, representando a mais sofisticada teoria do cosmos (universo) ainda em uso. Mas nesse modelo aristotélico-cristão, as esferas eram também o caminho percorrido pelas almas em sua elevação espiritual, até atingir o paraíso celeste, situado além da esfera das estrelas.

Modelo
Homocêntrico do
Universo



Algumas concepções gregas da natureza foram apropriadas e distorcidas pela Igreja para justificar seus dogmas (verdades incontestáveis).

Durante este período, a cultura científica se confundia com a da Igreja, se exprimindo muitas vezes como interpretação estrita das Escrituras Bíblicas. O que não fosse conciliável com elas era rechaçado. As representações do céu e dos movimentos celestes tornaram-se muito mais primitivas que as dos astrônomos alexandrinos (gregos) sob o ponto de vista da matemática e geometria. Ocorre uma retomada da sacralização dos céus e da natureza. Porém, todos estes empecilhos não poderiam impedir o avanço da ciência. Aqueles que se interessavam pelos segredos da natureza e ousavam investigar por meio de experiência eram considerados mágicos, feiticeiros e alquimistas, conspiradores dedicados a descobrir os segredos que Deus velara de mistérios. Grossteste (adepto de Platão) explicava a estrutura do universo relacionando a luz e sua energia, como a base de toda causalidade da natureza. O universo era a auto revelação do princípio da luz. Ele explicava a criação do universo fazendo uma comparação de seu estudo da luz com o que se lê no texto do Gênesis: “Faça-se a luz.” Esta percepção de universo influenciará os cientistas da modernidade, onde as leis da óptica serviam de fundamento a todas as interpretações da natureza. Até o final da Idade Média, a Terra teria forma de disco plano, considerando-se um absurdo a sua possível esfericidade. No séc. XIII Ptolomeu afirma que a Terra é uma esfera. Mesmo assim, acreditavam ser a Terra o centro do Universo. Até o séc. XVI predominou o sistema de Ptolomeu, que defendia que a Terra era um centro imóvel onde, ao seu redor, giravam o sol, as estrelas e os planetas. Insatisfeito com a proposição de Ptolomeu que dizia que os astros estavam em movimento desigual, Copérnico (1473), que abrirá caminho para a grande revolução astronômica do séc. XVI, apresentou outra explicação: tudo no universo

deveria se mover a uma velocidade constante. O Sol deveria ser colocado no centro do universo e a terra, sendo vista como um planeta, percorreria uma órbita em torno do Sol como faziam os outros planetas. Copérnico, através de vários cálculos, demonstra a existência de três movimentos na terra: rotação em 24 horas (em volta de si), anual em 365 dias (em volta do Sol) e mais um terceiro movimento de declinação que explica a orientação constante do eixo da terra (este terceiro foi abandonado depois). O universo de Copérnico é finito, visto que é limitado pela esfera dos fixos (astros em geral). Quanto ao Sol, este não se encontra no meio do mundo, mas contrário ao que poderia ser, num ponto vizinho ao centro do mundo. O Sol, para Copérnico, tem como função iluminar o universo. A teoria de Copérnico transformava a astronomia num sentido que, posteriormente, os acontecimentos do século XVII iriam demonstrar. O homem e a terra “cairiam do seu trono central” do universo para um lugar sem importância. Ele não estava mais situado num lugar adequado como a imagem de Deus, no centro de todas as coisas; havia sido banido para um mero planeta entre tantos outros. Isso teria profundas repercussões na visão do homem sobre si mesmo e sobre seu lugar na criação. A teoria de Copérnico constituía um desmentido à doutrina da Igreja, segundo a qual a terra era o centro do universo. Em reação, a Igreja proibiu o livro de Copérnico e hostilizou todos os trabalhos tendentes a demonstrar o movimento da Terra. A teoria de Copérnico foi um produto típico da especulação renascentista, demonstrando como derrubar ideias pré-concebidas e doutrinas aceitas, sendo possível chegar a uma nova síntese e formulação de uma visão nova da natureza. Além da visão que o homem tinha de si mesmo, mudou também o modo pelo qual ele encararia sua ciência. Não coloca mais a autoridade acima da observação e testa cada nova hipótese contra as experiências, já adquiridas.

O HOMEM NA IDADE MODERNA (1453 a 1789)

No Renascimento (1500 a 1700) surgem novas formas de organização social (mercantilismo, burguesia com expansão capitalista). A burguesia necessitava de independência política e religiosa ocasionando uma crise social que culmina na crítica das velhas tradições e rompimento da ciência como religião. O mundo deixa de ser sagrado para tornar-se objeto de uso para o próprio homem, embora a crença em Deus

permaneça. Depois da vitória da burguesia (Revolução Francesa, 1789), esta se aliou à religião, a fim de desviar a atenção do povo explorado e mantê-los em estado de submissão. O Renascimento, a imprensa, a reforma religiosa e o hermetismo impulsionaram a Revolução Científica (séc.XV e XVI), que propõe um novo papel da ciência frente a sociedade e a filosofia. A ciência mudou sua forma e sua função, passando a ser repensada nos moldes na nova sociedade que estava emergindo nesta época. Os objetivos do homem da ciência e da própria ciência acabaram sendo redirecionados para uma era livre das influências místicas da idade média.

A reforma religiosa participou de modo decisivo do desencadeamento da revolução científica. Os reformistas pregavam que uma forma de se apreciar a existência de Deus era através das descobertas na ciência e por isto esta foram incentivadas, proporcionando uma propulsão ao desenvolvimento da revolução científica. Finalmente, o hermetismo selou a revolução, na medida em que representava um conjunto de ideias quase mágicas, mas que exaltavam a concepção quantitativa do universo, encorajando o uso da matemática para relacionar grandezas e demonstrar verdades essenciais. A difusão da matemática criou um ambiente propício para o desenvolvimento de um método científico mais rigoroso e crítico, o que modificou a forma de fazer ciência.

Giordano Bruno apoiava a teoria heliocêntrica de Copérnico e ensinava que o espaço universal era infinito; que o Sol não é o centro do universo, mas apenas o centro do nosso sistema planetário, um dos infindáveis sistemas do mundo. Bruno foi perseguido pela Igreja durante toda a sua vida, acusado de negar a divindade de Cristo e realizar práticas de feitiçaria. Depois de muita hesitação, recusou-se a se retratar e em 1600 foi queimado vivo e suas cinzas lançadas ao Tibre.

Galileu nasceu em Pisa, em 1564 e se tornou crítico da teoria Aristotélica sobre o movimento, escrevendo um pequeno tratado, Movimento, que Aristóteles distinguiu entre duas diferentes espécies: forçado e natural; para Galileu, ambos eram essencialmente o mesmo.

Em 1607, na Holanda, foi inventado um telescópio de longo alcance. Ao tomar conhecimento da invenção, pelas descrições que chegaram a ele, Galileu construiu com seus próprios meios, um telescópio para aumentar três vezes o tamanho aparente de um objeto observado e, logo construiu um instrumento com o poder de ampliação de até 30 vezes. A importância de Galileu na história do telescópio deve-se ao fato dele ter

empregado cientificamente esse instrumento, sendo o primeiro a usá-lo com fins astronômicos.

Galileu era partidário da doutrina de Copérnico. Isso foi suficiente para que a Inquisição, movida pela Igreja Católica, prendesse o grande sábio, mas, devido a sua idade, 69 anos, foi tratado com indulgência. Somente a negação pública de seus “erros” e a obrigação de uma “penitência” permanente devolveram a Galileu a liberdade que estava longe de ser completa, pois, havia sido condenado à prisão domiciliar. A visão do universo adotada por Galileu era baseada na observação, na experimentação e numa generosa aplicação da matemática. Podemos observar que Copérnico, Giordano Bruno e Galileu, apesar de terem vivido na era pós-Idade Média, sofreram grande perseguição religiosa, pois a Igreja ainda mantinha muito de seu poder e influência, decidindo sobre os rumos das descobertas científicas do início da Idade Moderna.

Newton, com a história da queda da maçã, forneceu a base para a solução do problema dos planetas, confirmando a hipótese de que a força de atração exercida pela Terra para fazer a maçã cair era a mesma que fazia a Lua “cair” para a Terra, e assim a colocava em órbita elíptica em torno de nosso planeta. Newton expôs os fundamentos das leis mais importantes do movimento dos corpos, com o que lançou as bases da mecânica científica, levando os conceitos esboçados por Leonardo Da Vinci e desenvolvidos por Galileu. Completou também o descobrimento de Kepler, explicando a força da atração universal.

Portanto, a lei da gravitação explicava e unia num só sistema harmonioso toda a complexidade da mecânica celeste.

Origem do Sistema Solar – Teoria Científica

A hipótese moderna para a origem do sistema solar é baseada na hipótese nebular, sugerida em 1755 pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804), e desenvolvida em 1796 pelo matemático francês Pierre-Simon de Laplace (1749-1827), em seu livro “Exposition du Systéme du Monde”. Laplace, que desenvolveu a teoria das probabilidades, calculou que como todos os planetas estão no mesmo plano, giram em torno do Sol na mesma direção, e também giram em torno de si mesmo na mesma direção (com exceção de Vênus), só poderiam ter se formado de uma mesma grande nuvem discoidal de partículas em rotação, a nebulosa solar. A versão moderna da teoria

nebulosa propõe que uma grande nuvem rotante de gás interestelar, colapsou para dar origem ao Sol e aos planetas. Uma vez que a contração iniciou, a força gravitacional da nuvem atuando em si mesma acelerou o colapso. À medida que a nuvem colapsava, a rotação da nuvem aumentava e, com o passar do tempo, a massa de gás rotante assumiria uma forma discoidal, com uma concentração central que deu origem ao Sol. Os planetas teriam se formado a partir do material no disco. Nosso planeta Terra foi formado de escombros desta supernova (estrelas explosivas). A contribuição moderna à hipótese nebular diz respeito principalmente a como os planetas se formaram a partir do gás no disco, e foi desenvolvida nos anos 1940 pelo físico alemão Carl Friedrich Freiherr von Weizsäcker (1912-). Após o colapso da nuvem, ela começou a esfriar; apenas o Proto-sol, no centro, manteve sua temperatura.

RESPONDA 2:

1. Você conhece alguma teoria sobre a origem da Terra? Explique.

Origem da Terra- Teoria Científica

Esta explicação é feita a partir do movimento do Universo.

O Universo em expansão forma conjuntos gigantesco de astros e estrelas chamados Galáxias.

Tomemos uma destas Galáxias, que recebeu o nome de Via Láctea. Esta galáxia como tudo no Universo, se encontra em movimento. Em seu movimento, esta galáxia se chocou com uma nuvem gigante de poeira e gases. E neste choque formou-se uma pequena estrela: o sol. Esta estrela passou a movimentar-se no interior da Via Láctea, sendo seguida, por causa da atração, por pequenas porções de matéria: os planetas. Os planetas formaram-se a partir do resfriamento de suas partículas, que então, puderam se juntar. (Não se esqueça que o interior do planeta perde calor para o meio ambiente mais lentamente que sua superfície. A prova disto é que a Terra é feita de rochas e metais quentes e derretidos em seu interior, que são expelidos para a superfície pelos vulcões.)

Estes planetas seguiram a estrela sol, girando em torno dela. Um destes planetas é a nossa Terra.

No início (a bilhões de anos atrás), a Terra era uma imensa bola quentíssima. Nada na Terra era líquido ou sólido. Todos os materiais que compõem este planeta estavam em estado gasoso. Enviando para o espaço o seu calor, ela foi se resfriando, formando uma superfície sólida – a crosta terrestre – que contém a massa quente em seu interior. Parece-se com um balão cheio de gás quente.

A diminuição da temperatura possibilitou a formação de água. Esta acelerou o resfriamento da Terra, e formou os oceanos, os rios e os lagos. Assim, por sobre a crosta terrestre, formou-se uma camada de gases – a atmosfera. Esta é a nossa terra.

RESPONDA 3

1. Como se formou o sistema solar?
2. Como se formou a Terra?
3. O sol e a Terra fazem parte do movimento do Universo? Por que?

O HOMEM CONTEMPORÂNEO (1789 até os dias atuais)

A partir do século XIX todos os ramos da ciência sofreriam grande desenvolvimento. Com isso surgem as sociedades científicas especializadas, denotando um grau crescente de especialização ao conhecimento e tornando necessárias técnicas mais elaboradas. A ciência começou a apresentar um aspecto mais público, conforme suas consequências práticas se tornavam evidentes na vida diária. O século XVIII testemunhou as revoluções americana e francesa, enquanto que no século XIX ocorreram, com grande repercussão, os movimentos populares europeus de 1848 e a Comuna de Paris, em 1871, em que o proletariado fez ouvir sua voz. Costuma-se referir a esse período e até o início do século XX, com a revolução soviética, como uma era de revoluções políticas e sociais. Este período de grandes turbulências e transformações sociais mostravam a necessidade de uma nova interpretação da natureza e da sociedade. Definitivamente, a ideia do absoluto na análise dos fatos não é mais suficiente para compreender os acontecimentos. Busca-se uma nova concepção. Um exemplo importante desse movimento é a teoria de Einstein da relatividade, no início do século XX. Nessa época ocorreu a renovação da hipótese atômica e a descoberta da

periodicidade dos elementos da química, foi desenvolvida a física matemática básica da atualidade, a criação da teoria dos conjuntos infinitos e muitos outros empreendimentos notáveis. Foram mudanças que resultaram da contribuição de inúmeras pessoas em diferentes locais. Mais rapidamente que no século XIX a ciência começou a avançar durante o século XX. Não foram apenas as descobertas científicas que se aceleraram. Os equipamentos tornaram-se cada mais vez mais poderosos e sofisticados, obtendo-se resultados muitas vezes assombrosos.

RESPONDA 4

1. Qual a sua teoria sobre a origem do universo?

Teoria Científica da Origem do Universo (Big-Bang)

Não, não há um começo de tudo. O Universo não tem começo e não tem fim. É um movimento constante que nunca se interrompe, que está sempre se transformando.

A ciência busca voltar mais e mais no passado deste movimento do Universo para entendê-lo no presente. Nesta “volta”, chegou-se a um ponto máximo:

Há muito e muito tempo, que é impossível imaginar, tudo o que constitui as estrelas, os cometas, os planetas – tudo o que existe, enfim – estava concentrado em um determinado ponto. A temperatura tão alta quanto é impossível imaginar, só permitia a existência de partículas tão pequenas que nunca, até hoje, os cientistas conseguiram calcular ou imaginar o seu tamanho.

Não existia o ferro, o ar, o oxigênio, a água. Nada, enfim, que vemos na Terra e em volta dela. Tratava-se de uma pasta super concentrada e super quente, formada de toda a matéria. Esta pasta se concentrou tanto e esquentou tanto que acabou explodindo. Esta explosão espalhou a pasta em todas as direções. A matéria que antes se movimentava concentrada em altíssimas temperaturas passa a se movimentar em todas as direções. Afasta-se do núcleo da explosão diminuindo a temperatura, em infinitas partes que, por sua vez, vão se afastando entre si.

Enquanto se afastam e vão perdendo calor, as partículas infinitamente pequenas vão se unindo e formando porções de matéria cada vez maiores: assim uma partícula junta-se com outra formando uma maior; esta por sua vez, junta-se com outra,

formando outra maior; a assim sucessivamente. As partículas vão aumentando de tamanho até que chegam a formar elétrons (partículas muito pequenas que possuem eletricidade negativa) e prótons (partículas com eletricidade positiva).

Os elétrons e os prótons, por sua vez, vão se afastando e se resfriando, e juntando-se e formando os átomos. Os átomos se juntam e formam as moléculas. E as moléculas se juntam e formam as substâncias e corpos, isto é, as formações de matéria que podemos ver diretamente: o ferro, a água, o barro, etc.

Ao se afastarem do centro da explosão esta infinidade de partículas e de substâncias vão se juntando, formando os astros:

ESTRELAS: gigantescas porções de matéria incandescente que emitem luz.

METEOROS: porções de matéria “apagada”, sem luz.

COMETAS: porções de matéria incandescente, que realizam movimentos mais rápidos que os demais astros.

Um conjunto de astros (estrelas, cometas e meteoros) e substâncias variadas, poeira, gases, etc.), em seu movimento de afastamento, atraem-se mutuamente, aproximando-se; este conjunto recebe o nome de **GALÁXIA**.

Todas as partículas, todas as suas composições, todas as galáxias, todos os astros, toda a matéria do universo se encontra neste movimento de afastamento da explosão que sucedeu a concentração anterior.

O UNIVERSO É O MOVIMENTO DA MATÉRIA QUE:

- Se realiza sob a impulsão de uma explosão.
- Se realiza com o afastamento e distanciamento constante de toda a matéria do centro desta explosão.
- Com esse afastamento, ocorre o aumento do tamanho do Universo: está se expandindo com a diminuição da temperatura da matéria e com a combinação constante das partículas entre si.

O movimento da matéria é o que caracteriza o universo. E nós nos encontramos exatamente no interior deste movimento universal.

A teoria da relatividade de Einstein influenciou notadamente a teoria do Big-Bang. A teoria da relatividade geral proposta por Einstein, afirma, em termos cosmológicos, que a geometria do espaço-tempo assuma um caráter dinâmico, explicando desta forma a evolução do Universo. Espaço e tempo passaram a ser variáveis consideradas pela física e o universo passou a ser visto como uma grande membrana, que se deforma de acordo com a matéria que existe dentro dele.

No estado correspondente à condição inicial, o universo era diminuto e especialmente simples. Com base nas teorias mais recentes, o universo deve ter emergido de um ponto de densidade infinita, uma singularidade, há 15 bilhões de anos. Havia um átomo primitivo, um ‘ovo cósmico’, contendo toda a massa do Universo num tipo de superestrela de nêutrons. Talvez esse ovo cósmico tenha existido por toda a eternidade, até algo tê-lo colocado em expansão ou talvez tenha havido uma fase prévia no qual o espaço-tempo estava colapsando. A noção de um ovo cósmico superdenso, aproximadamente trinta vezes maior do que nosso Sol, mas contendo tudo, está de acordo com as equações de Einstein e as observações. No recém-criado Universo, na época da explosão inicial, não havia lado de fora para os fragmentos da explosão se moverem. O ovo cósmico era uma bola de matéria, energia, espaço e tempo. Era, na verdade, um buraco negro superdenso. A explosão do big-bang esticou o espaço, literalmente criando mais espaço no qual os componentes materiais do ovo cósmico poderiam se mover.

Durante os primeiros momentos da expansão do universo a Física nuclear não era aplicável, porque a densidade era muito alta para permitir a formação de núcleos, ou mesmo nêutrons e prótons separadamente. Os quarks são partículas elementares, os elementos básicos do núcleo atômico. Estes compõem o nêutron e o próton que estão ligados um ao outro por uma força que vem da troca de quanta chamados gluons. O quark simboliza as leis físicas simples e básicas que governam o universo e toda a matéria contida nele.

Após No big-bang o universo se expandiu e resfriou. Num tempo igual a 10^{-6} segundos, o universo consistia de uma sopa de quarks, gluons, elétrons e neutrinos. Ao atingir uma temperatura de 10^{12} K, essa sopa se aglutinou em prótons, nêutrons e elétrons. Com o passar do tempo alguns prótons e nêutrons formaram o deutério, hélio e núcleos de lítio. Posteriormente os elétrons se combinaram com os prótons para formar átomos neutros de massa baixa. Devido à gravidade, nuvens de átomos se contraíram

em estrelas, onde o hidrogênio e o hélio se fundiram em mais elementos químicos massivos. As estrelas explosivas (supernovas) formam os elementos mais massivos e se dispersaram pelo espaço.

Qual é o futuro da expansão do universo? Isso depende da quantidade de massa contida nele. Se for muito grande, ela fará o universo desacelerar até que a velocidade se anule e depois se contrairá. É o chamado modelo de universo fechado. Se a massa for pequena, ela não será o suficiente para zerar a velocidade e o universo irá se expandir para sempre. Chamamos isso de universo aberto. A fronteira dos dois é o universo plano.

Tentativas para determinar qual modelo corresponde à realidade fizeram que muitas pesquisas fossem conduzidas ao longo de décadas. Em 1998, no fechar do século e do milênio, descobriu-se que a expansão do universo não está sendo desacelerado, mas acelerado. Isto é, quanto mais o tempo passa, com maior velocidade as galáxias se afastam umas das outras. Isso foi uma descoberta extraordinária e desconcertante, pois sugere que existe uma energia que atua no sentido contrário ao efeito de gravidade. A essa energia se chamou de "energia escura". Ela é totalmente distinta da matéria escura; a matéria escura possui gravidade; a energia escura, não. Ao contrário, provoca repulsão.

RESPONDA 5

Refletindo em suas experiências cotidianas de interação com o meio ambiente/sociedade e o texto que você leu e debateu com o grupo:

1. Explique a teoria do movimento universal da matéria.
2. Qual a sua hipótese sobre a origem do universo e explique resumidamente a teoria científica sobre a sua formação.
3. A matéria é sempre a mesma ou está em constante transformação? Por que?
4. O universo tem sempre o mesmo tamanho? Por que?
5. O que são galáxias? Elas estão paradas? Qual a importância desta constatação para fundamentar a Teoria do Big-Bang?

6. Qual a sua hipótese para a formação das estrelas, os cometas, os astros de forma geral?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FILHO, K. S. O e SARAIVA, M. F. O. **O Sistema Solar**. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs>> Acesso em 05/06/09.

FRANCO, H. **Evolução dos Conceitos de Física**. Disponível em: <www.plato.if.usp.br> Acesso em 05/06/09.

MAGALHÃES, G. A Respeito de Revoluções: Teoria da Relatividade e a História da Ciência. **Comciência**, n. 63, 2005.

PEDRO, F.C. e COULON, O. M. A. F. **A Pré-História**. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br>> Acesso em 1/07/10.

PRIMON, A. L. M.; JÚNIOR, L. G. S.; ADAM, S. M.; BONFIM, T. E. História da Ciência: da Idade Média à Atualidade. **Psicólogo inFormação**, n. 4, ano 4, 2000.

RONAN, C. A. **História Ilustrada da Ciência**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, v.1, v. 2, v. .3, v. .4, 1983.

SANTOS, A. C. K. Algumas Ideias sobre Universo, Vida e Complexidade. **Rev. Eletrônica Mestr. Edu. Ambient.** Disponível em: <www.espacoacademico.com.br>. Acesso em 06/07/09.

STEINER, J. E. A Origem do Universo. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 58, p. 232-248, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n58/20.pdf>> Acesso em 20 abr. 2008.

VERNANT, J. P. **As Origens do Pensamento Grego. Mito, religião e pensamento Científico na Grécia Antiga**. Rio de Janeiro: Ed. Difel. Wilson A. Ribeiro Jr. Publicações, 2002. Disponível em: <<http://warj.med.br>> Acesso em 8 mar. 2005.

10 1 3 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA *ATRAVÉS DE SAÍDA À CAMPO NA COMUNIDADE.*

Relatório 2 – Atividade Prática de saída a campo

Questão-problema: Como o ser humano procurou explicar o meio ambiente ao seu redor (universo e a vida), ao longo da história?

Objetivo: Identificar as diferentes teorias sobre a origem da vida existentes em nossa comunidade (escola, família), e relacioná-las com a nossa própria teoria e com as teorias científicas.

Metodologia: Entrevistar quatro professores (exceto de biologia), quatro estudantes (no mínimo, que frequentem o ensino médio) e quatro familiares. Colocar no relatório o resultado de todas as entrevistas (perguntas com respostas). Informar nome completo, profissão e idade dos entrevistados. Realizar a pesquisa em grupo de dois ou três alunos.

Perguntas para os entrevistados:

1. Como você explica a origem da vida em nosso planeta?
2. Você acha possível a existência de vida extraterrestre? Por que?

Resultados:

1. Inserir os resultados de sua enquete em uma tabela, e após, fazer os gráficos indicando (tabelas e gráficos devem ter título):

- a) Tabela e gráfico 1: nº de indivíduos X teorias sobre a origem da vida
- b) Tabela e gráfico 2: nº de indivíduos X crença em vida extraterrestre

Os gráficos podem ser em forma de “pizza” ou em colunas (eixo “x”: teorias; eixo do “y”: nº de indivíduos).

Conclusões:

1. O grupo se identificou com alguma resposta dos entrevistados? Qual? Por que?
2. Como você explicaria os “motivos” que levaram as respostas que apareceram com mais e menos frequência nos três gráficos?
3. Você pensa que o nível educacional influenciou a resposta dos entrevistados? Por que?

10 1 4 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA ATRAVÉS DA ELABORAÇÃO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHO (HQ).

Relatório 3 - Atividade Prática: Discutindo o texto sobre “A evolução do conceito de universo ao longo da história”, através da produção de histórias em quadrinhos.

Etapa 1: Leia as HQ que estão sendo distribuídas e pesquise na internet:

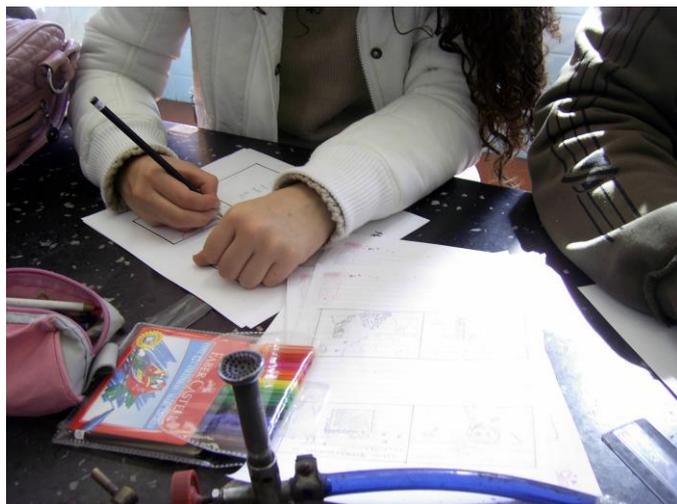
1. Quais as características de uma HQ?
2. Quais as HQ que você conhece e qual (is) que você gosta?

Etapa 2: Em grupos, organize uma apresentação para explicar um período histórico que está no texto. Desenvolva esta aula enfatizando os problemas que impulsionaram o desenvolvimento dos acontecimentos explicados pelo grupo.

Etapa 3: Em grupos, confeccione uma HQ que explique o desenvolvimento da ideia sobre o universo ao longo da história (fig. 13 e 14).

Etapa 4:

1. Como você aplicaria os conhecimentos que foram desenvolvidos na HQ, no seu dia a dia?
2. Quais as conclusões que você chegou estudando como o ser humano pensava e pensa o universo, desde as épocas primitiva até os dias atuais?



Figuras 13 e 14 – Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia, produzindo histórias em quadrinhos durante a etapa 3 da atividade de HQ, no laboratório da escola, no ao de 2012.

10 1 5 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA ATRAVÉS DA ATIVIDADE PRÁTICA DE FORMAÇÃO DE MOLÉCULAS ORGÂNICAS

Relatório 4 – Atividade prática de produção de moléculas orgânicas (m.o.) a partir de moléculas inorgânicas presentes na atmosfera da Terra primitiva.

Situações problematizadoras: A evolução das condições ambientais da Terra primitiva, foram desencadeadas por alterações morfo-climáticas-atmosféricas no planeta, influenciando a organização e combinação de moléculas presentes na atmosfera, originárias principalmente das características vulcânicas da Terra primitiva.

Esta atividade é acompanhada por outras situações-problema que são desencadeadas no debate de um texto adicional, relacionado às teorias da origem da vida (anexo 10 1 6), e às condições ambientais da Terra primitiva que promoveram principalmente, a organização de aminoácidos, proteínas e carboidratos. Discute-se as diferenças entre moléculas inorgânicas e orgânicas.

Situações-problemas:

1. A matéria ao nosso redor pode ser dividida? Quais são as porções de matéria mais ínfimas que você conhece em que a matéria pode ser dividida? Dê exemplos.
2. Estas porções podem se agrupar? De que forma? Dê exemplos.
3. As moléculas orgânicas são constituídas de átomos. De que forma eles estão organizados na estrutura de aminoácidos, proteínas e carboidratos?

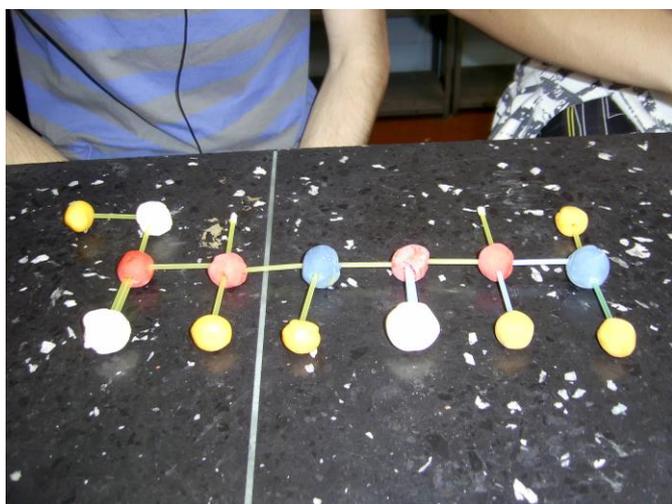
Metodologia e Resultados: Utilize massa de modelar e uma tabela periódica para construir seus modelos de m.o. A partir do conhecimento do nº atômico (para determinar o tamanho do átomo), e das valências (possibilidade de combinações entre os átomos), construir as prováveis moléculas da atmosfera primitiva (CO, CO₂, CH₄, N₂). Desenhe os seus modelos. Após, utilize estes modelos para construir o aminoácido e a

partir dele, a proteína. Faça também um modelo de glicose (carboidrato). Desenhe todos estes modelos (Fig. 15 e 16).

1. Identifique no seu modelo os nomes dos átomos (utilize a tabela periódica) e das moléculas.
2. Localize em seu modelo de aminoácido a radical carboxila e o grupo amina.

Discussão:

1. Explique a afirmativa: A água é indispensável para a estrutura viva, mas ela não é uma estrutura orgânica.
2. Refletindo sobre a atividade prática que você desenvolveu, qual é o fato que comprova que as m.o. originaram-se dos gases da atmosfera da Terra primitiva?
3. As moléculas orgânicas, sob determinadas condições ambientais que ocorreram a milhões de anos atrás no planeta, formaram aglomerados que originaram os seres vivos. As m.o. portanto, são importantes para os seres vivos, que além da água (que varia entre 70% a 90%), constituem a sua estrutura. Faça uma breve pesquisa e apresente os lipídios, carboidratos, aminoácidos e proteínas problematizando a importância que estas m.o. apresentam para os seres humanos e seres vivos em geral.



Figuras 15 e 16 – Estudantes de 1º ano na disciplina de biologia, no ano de 2012, produzindo modelos em “massinha de modelar” no laboratório de biologia da escola.

10 1 6 ATIVIDADE DE ENSINO: ORGANIZAÇÃO DE SITUAÇÕES-PROBLEMA
ATRAVÉS DO DEBATE DE TEXTO

EVOLUÇÃO DAS TEORIAS SOBRE A ORIGEM DA VIDA AO LONGO DA
HISTÓRIA

RESPONDA

1. O ser humano interage com o ambiente e os seres vivos desde o surgimento da espécie humana. Você também interage com outros seres vivos diferentes. Esta relação provoca curiosidade sobre a origem dos seres vivos? Por que?
2. Qual a sua hipótese para a origem dos seres vivos?

HOMEM PRIMITIVO (± 200.000 ANOS)

Ele não desenvolveu uma teoria sobre a origem da vida, pois sua preocupação era com a sobrevivência (conseguir alimento, abrigo, etc.). Esta afirmação é confirmada pelas pinturas rupestres (interior das cavernas), que indicam a perseguição de animais durante a caça e a fuga de predadores. O homem primitivo pensava que controlava estes animais através de rituais mágicos (teatro, dança, música). Ao representar uma caçada bem sucedida e ao se fantasiar de predador (urso, leão, por exemplo), ele acreditava controlar o cotidiano e absorver as qualidades (força, voracidade) daqueles animais que representava.

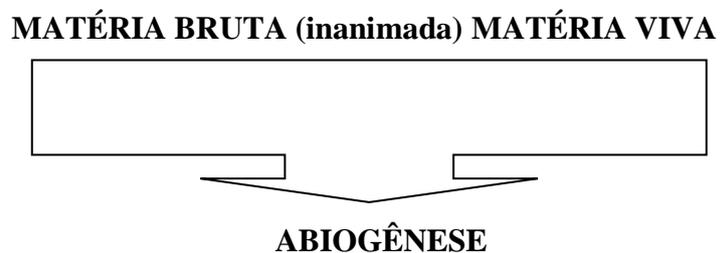


HOMEM DA ANTIGUIDADE (± 800 a.c. a 200 a.C.)

O período da “baixa antiguidade” (antiguidade I – 800 a.C.) indica uma continuação de explicações mágicas, porém agora, a magia que envolve os acontecimentos na natureza, é transferida para o ser humano. Esta transferência origina

deuses e os mitos, que são histórias (narrativas) para explicar os fenômenos da natureza, as origens do mundo e do homem. Percebe-se que há uma supervalorização do homem (deus) que pode ser explicada pela necessidade de se sobrepor à natureza, pois a ciência como a conhecemos ainda não existia e a tecnologia era pouco desenvolvida. Os relatos de seres vivos são envoltos em acontecimentos sobrenaturais e místicos e suas origens não são questionadas. A fusão de animais com humanos nas artes é frequente (minotauro e medusa da cultura grega e Osíris, Ísis e hamón-rá na cultura egípcia).

Na “alta antiguidade” (antiguidade II – 300 a.C.) o homem começa a se reunir em cidades (por exemplo a “polis” grega) e a discutir as situações do cotidiano. Nestas discussões, ele percebe que não existe a necessidade de utilizar explicações sobrenaturais para justificar os acontecimentos do dia a dia. O homem desta época já intensificou seu trabalho para sobreviver, e com isto, percebeu e passou a refletir sobre a existência dos elementos da natureza (fogo, ar, água, terra). Então, os fenômenos naturais passam a ser explicados pela ocorrência e mistura destes elementos. Início do racionalismo grego (ciência antiga). Aristóteles (360 a.C.) é um dos principais representantes do racionalismo grego (racionalismo=ideias=razão), pois ele também não realizava experimentos para testar suas hipóteses (ideias). Ele utilizava apenas as observações para chegar às suas conclusões. Uma de suas teorias foi a ABIOGÊNESE (origem da vida a partir do não vivo), que procurou explicar a origem dos seres vivos. Ele afirma que panos sujos, restos de comida originem, em um curto espaço de tempo (horas ou dias), a vida espontaneamente (geração espontaneamente).



IDADE MÉDIA (±200 a.C. a 1300 a. C.)

A civilização grega é dominada pelos romanos, ocorrendo uma fusão denominada civilização greco-romana. Apesar de seu poderio militar, existe um imenso território para dominar e manter sob o domínio romano. Os romanos percebem o potencial unificador da religião cristã, então passam a exercê-la como religião oficial, o cristianismo, em todo o império (os mesmos romanos que jogavam os cristãos aos leões no coliseu, são os mesmos que, por conveniência política e econômica, se transformaram em cristãos). A tentativa de manter a unidade do império é tardia, e este não sobrevive. Mas a tradição do cristianismo como unificador político sobrevive, e é utilizado pela Igreja Romana para expandir seu império e domínio (cruzadas). A Igreja romana é a única instituição que sobreviveu ao desmonte do império romano. Como absorveu a cultura grega, mantêm-se algumas ideias de Aristóteles sobre o universo, sistema solar e a vida, como por exemplo, a ABIOGÊNESE. As ideias que se mantêm (gregas) são aquelas que não contradizem as ideias religiosas da Idade Média. A abiogênese é um exemplo. Ao afirmar a possibilidade do surgimento da vida a partir de matéria bruta, é sustentada a ideia bíblica da criação dos seres vivos em poucos dias (a partir da matéria que existia, isto é, a matéria inanimada) e da criação do ser humano a partir do barro (matéria bruta). É reprimida qualquer tentativa de divulgar os experimentos sobre a teoria da ABIOGÊNESE, que testariam sua veracidade, pois os cientistas sofriam com a inquisição (fogueira)

O HOMEM DA IDADE MODERNA (±1300 a 1850)

Declínio do regime feudal (decorrente da intensificação do comércio e formação das cidades) e conseqüentemente, do poder da Igreja. Este poder se mantinha principalmente pelas cruzadas dos senhores feudais e da Igreja. As cruzadas tinham como objetivo a expansão dos seus territórios, justificada pela necessidade divina de impor (através de saques, destruição das aldeias, mortes) o cristianismo às demais regiões da Europa. Com o desenvolvimento do comércio surgiu a burguesia e o conseqüente acúmulo do capital (dinheiro) que foi utilizado para experiências que aprimoravam a tecnologia da época (por exemplo as lentes para uso nos telescópios e

microscópios) e para testar teorias novas e antigas, como por exemplo a teoria da geração espontânea (teoria sobre a origem da vida).

Um médico chamado Jan Baptista van Helmont (1577-1644) elaborou uma receita de como fabricar ratos por geração espontânea, que consistia em colocar grãos de trigo em camisas sujas e esperar alguns dias. Ele estava tão envolvido com essa ideia que não foi capaz de imaginar que os ratos na verdade eram atraídos pela sujeira, e não brotavam desta “receita”.

O primeiro cientista a questionar as ideias de Aristóteles foi o biólogo italiano Francesco Redi (1626 a 1691). A pergunta que ele se fez foi se os seres vivos surgem da matéria morta? A sua hipótese é que a matéria morta não origina a vida (Teoria da BIOGÊNESE). A Teoria de Aristóteles (abiogênese durou 1000 anos.

PESQUISAR (LIVROS, INTERNET) AS FIGURAS DESTE EXPERIMENTO.

Anton Leeuwenhock (1632-1723) naturalista holandês observou com microscópio, microrganismos na água. Sua conclusão é de a água se transformava em microrganismos. É o retorno da teoria da ABIOGÊNESE.

John Needan, em 1745 afirmou que os seres vivos surgiam por geração espontânea graças a uma força vital. Ele realizou um experimento onde preparou um caldo nutritivo, colocou em alguns frascos, ferveu por 30 minutos e os vedou com rolha de cortiça. Mesmo assim, depois de alguns dias apareceram alguns microrganismos no caldo. Needan acreditava que a fervura e a vedação da rolha eram suficientes para impedir a entrada de microrganismos. Ele confirmou a ABIOGÊNESE.

O biólogo italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1779) repetiu os experimentos. Ferveu o líquido por mais tempo e fechou os frascos hermeticamente. Olhou imediatamente no microscópio e não viu microrganismos. Concluiu que a vedação utilizada por Needan e o tempo de fervura foram insuficientes para matar os microrganismos. Needan se defendeu dizendo que o tempo prolongado de fervura destruía a força vital do caldo nutritivo. “Força vital” seria uma energia que daria vida à matéria inanimada. Spallanzani não conseguiu derrubar a ABIOGÊNESE.

IDADE CONTEMPORÂNEA (1850- ?)

Avanços tecnológicos e científicos. Pasteur (1860) cientista francês se perguntava se os seres vivos surgiam da matéria inanimada. Ele leu a respeito das experiências dos cientistas anteriores dele que tentavam comprovar ora a abiogênese ora a biogênese. Ele percebeu que o elemento principal do problema era a água e os microrganismos que ali poderiam existir. Se eliminarmos os microrganismos da água (fervura), ela poderia “gerar” novos microrganismos? Ele tinha uma hipótese: o ar contamina a água com microrganismos.

Ele fez uma experiência. Inventou um equipamento para deixar entrar o ar e este ficar em contato com a água que foi fervida, evitando com isto as críticas dos defensores da ABIOGÊNESE de “matar” o princípio ativo. A solução nutritiva é fervida durante alguns minutos. O “princípio ativo” (que Pasteur não acreditava que existia) entrava com o ar e a poeira. Na fervura, o líquido libera vapor d’água que condensa na superfície fria do vidro e forma gotículas de água. Estas ficam grudadas na superfície interna do gargalo pescoço de cisne, juntamente com a poeira que contém microrganismos, deixando o líquido estéril. O gargalo é quebrado, o ar entra em contato com o líquido e este se contamina. Então, por que o líquido se contaminou? Desta forma, Pasteur comprova que a água não se transforma em microrganismos. Estes vêm do ar que contamina a água. Ele derrubou definitivamente a teoria da abiogênese ao provar a teoria da BIOGÊNESE.

PESQUISE E DESENHE A EXPERIÊNCIA DE PASTER, EXPLICANDO AS ETAPAS COM OS SEUS RESULTADOS.

Um novo problema surge: Como se originou o 1º ser vivo? A esta pergunta a teoria de Oparin e o experimento de Miller tentam responder.

10 2 OUTROS ARTIGOS PARA EVENTOS CIENTÍFICOS

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL) – Londrina, Universidade Estadual de Londrina (UEL), 18 a 21 de setembro de 2011. ISBN 978-85-7846-110-2

10 2 1 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NO ESTUDO DA ORIGEM DO UNIVERSO E DA VIDA COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO⁵⁶

CONCEPTUAL THEORY OF FIELDS IN THE STUDY OF ORIGIN OF THE UNIVERSE AND LIFE WITH HIGH SCHOOL STUDENTS

Karen Cavalcanti Tauceda⁵⁷

Vladimir Magdaleno Nunes⁵⁸

José Cláudio Del Pino⁵⁹

RESUMO

O referencial teórico do campo conceitual de Vergnaud é utilizado neste trabalho, que apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa de doutorado. Inicialmente se investigou os conceitos da origem do universo e da vida elaborados pelos alunos do ensino médio, na disciplina de biologia. Através de situações-problema desenvolvidas ao longo deste estudo, procurou-se identificar as relações entre a estrutura conceitual e a estrutura cognitiva do aluno. Na análise destas relações, evidenciaram-se a construção de possíveis indicadores de invariantes operatórios de complexidade e características

⁵⁶ Este trabalho foi aceito para ser apresentado no III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente, Niterói/RJ, 2012 na modalidade “Reapresentação de trabalho”, com o título “Os conceitos de universo e vida desenvolvidos a partir do referencial teórico dos campos conceituais em estudantes do ensino médio na disciplina de biologia”.

⁵⁷ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁵⁸ Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

⁵⁹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

estruturais diferenciadas e que podem orientar futuras pesquisas para o aperfeiçoamento destas situações-problema.

Palavras-chave: origem do universo; origem da vida; campo conceitual; invariantes operatórios.

Abstract: The theoretical Vergnaud's conceptual field is used in this work, which presents the first results of a survey of doctorate. Initially we investigated the concepts of the origin of the universe and of life in secondary school students, at the discipline of biology. Through problem situations developed over the course of this study, we sought to identify the relationship between the conceptual structure and the cognitive structures of the student. In the analysis of these relations, evidenced in the construction of possible indicators of operative invariants of complexity and structural characteristics differentiated and that can guide future research for the improvement of these problem situations.

Keywords: origin of the universe; origin of life; conceptual field; invariant operative

1 INTRODUÇÃO

O problema central do desenvolvimento cognitivo, segundo Gérard Vergnaud (1990), é a conceituação. O desenvolvimento cognitivo ocorre, quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente. As situações e problemas propostos são fundamentais no processo da aprendizagem (GRINGS et al., 2006). Vergnaud destaca que a aquisição do conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados, e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Muitas concepções são resultado das primeiras situações que o sujeito foi capaz de dominar. Mas existem diferenças entre os conhecimentos que os sujeitos constroem ao interagir com o meio, e os conhecimentos que constituem o saber científico (MOREIRA, 2002).

A Teoria dos Campos Conceituais permite analisar as relações entre os conhecimentos (conceitos) explícitos e os invariantes operatórios largamente implícitos do comportamento dos sujeitos em determinadas situações. Assim, pode-se estudar as

continuidades e rupturas entre estes conhecimentos, do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (VERGNAUD, 1990). Para Vergnaud (1998), um conceito adquire sentido através de sua interação com situações e problemas, assimilando as propriedades que formam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação (conhecimentos-em-ação ou invariantes operatórios). O teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e um conceito em ação é uma categoria de pensamento considerada como pertinente. Um conceito está constituído por elementos que se relacionam: situações, invariantes operatórios e suas propriedades que se expressam por meio de diferentes representações simbólicas (VERGNAUD, 1996). As situações dão sentido aos conceitos, então o campo conceitual é um conjunto de situações, que requer o domínio de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas (Vergnaud, 1988). Conceitos são definidos por três conjuntos: 1º) S: um conjunto de situações que constituem o referente do conceito; 2º) I: um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que dão o significado do conceito; 3º) R: um conjunto de representações simbólicas que compõem o significante do conceito. Então, como as situações dão sentido aos conceitos, os esquemas (herança piagetiana) dão sentido às situações. O esquema é um elemento cognitivo eficiente (não necessariamente eficaz) para todo um espectro de situações, dependendo das características de cada situação em particular, e pode gerar diferentes sequências de ações (VERGNAUD, 1998).

Um esquema contém objetivos, antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência. Os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) são os principais componentes dos esquemas e sua base conceitual, relacionando teoria e prática. Conceitos-em-ação e teoremas-em-ação não são verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas são componentes essenciais dos esquemas, e estes constituem a base do desenvolvimento cognitivo. Os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos através do processo de explicitação do conhecimento implícito. Assim, o caráter do conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado (ESCUDEIRO et al., 2002).

O aprendizado ocorre quando os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação se tornam mais próximos dos teoremas e conceitos científicos; o esquema se torna mais complexo e evolui em sua eficiência para resolver situações-problema. Não se pode

evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos alunos, sem considerar as especificidades dos conteúdos envolvidos tampouco o processo de conceituação do real produzido pelo aluno (VERGNAUD, 1996). Cabe ao professor esta tarefa.

2 OBJETIVOS

- Inferir e analisar as dificuldades para compreender as situações-problema, na construção de possíveis indicadores de invariantes operatórios que se evidenciam no processo da aprendizagem (campo conceitual da origem do universo e da vida); compará-los com o conhecimento científico.
- Formular estratégias cognitivas (situações-problema) que facilitem a aprendizagem dos conceitos científicos, através do estudo de sua estrutura conceitual (conceitos e teoremas-em-ação).

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado durante os meses de março a maio de 2010, em uma escola pertencente à rede estadual de ensino, o Colégio Júlio de Castilhos, localizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os dados da pesquisa são referentes a uma turma de 1º ano do ensino médio, na disciplina de biologia, no turno da manhã, com 30 alunos aproximadamente, com faixa etária de 14 a 17 anos.

Os alunos produziram textos para responder às situações-problema. Segundo Grings et al. (2006), o desenvolvimento cognitivo ocorre quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente. Essas situações ou questões (fundamentais no processo de aprendizagem) foram elaboradas com a intenção de que provocassem a explicitação de invariantes operatórios na resolução das situações-problema. O texto dos alunos foi analisado qualitativamente para identificar possíveis invariantes operatórios, as dificuldades do desenvolvimento conceitual, e adequação das situações-problema propostas para a aprendizagem significativa dos conceitos científicos. As questões-problema propõem diversas situações de resposta

aberta; os dados obtidos permitem inferir possíveis invariantes operatórios usados pelos alunos na resolução destas situações.

As situações ajudam na conceituação e assimilação dos significados do campo conceitual da origem do universo e da vida. Então, o objetivo das questões-problema é referenciar situações e objetos (VERGNAUD, 1998), escritos em linguagem natural que dão sentido aos campos conceituais deste estudo. O estudante através de sua interação com as situações e objetos propostos nas questões-problema, manifesta através da sua linguagem escrita, propriedades, situações e relações que dão significado aos invariantes operatórios.

As situações-problema (1 e 2) foram intercaladas com atividades didáticas diversificadas, e com textos sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos do universo e da vida. Pretendia-se, com este aporte teórico, fornecer conhecimentos para que os estudantes compreendessem as ideias antigas, místicas, folclóricas e científicas (sobre a origem do universo e da vida), nos contextos históricos em que foram produzidas, identificando elementos de ruptura ou validação destas concepções em seus conteúdos conceituais. As atividades didáticas diversificadas incluíram aulas teóricas com debates, filme, pesquisa de campo e em laboratório. O filme e a aula prática resultaram em relatórios produzidos em dupla, já que o debate enriquece a compreensão dos conceitos, a aprendizagem significativa, e a produção de possíveis indicadores de invariantes operatórios explícitos. Segundo Moreira (2002), todas as atividades didáticas que promovam o debate são importantes para que os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação possam se tornar, progressivamente, verdadeiros conceitos e teoremas científicos. O conhecimento explícito, ao contrário do implícito, pode ser comunicado a outros e assim discutido. As atividades didáticas geraram situações-problema diferentes daquelas utilizadas para identificar possíveis indicadores de invariantes operatórios.

As questões-problema descritas a seguir foram desenvolvidas individualmente para identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios de cada aluno. Foram mantidas as falas literais dos alunos, apesar de alguns erros de concordância verbal. A questão-problema 1 indica os possíveis invariantes prévios dos alunos. A questão-problema 2 indica as dificuldades encontradas pelos alunos para a compreensão dos conceitos científicos através da identificação de possíveis indicadores de invariantes operatórios.

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

As respostas dos alunos para as situações-problema foram divididas em três categorias: 1. Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA); 2. Conceitos Híbridos (CCA + CCI = CH); 3. Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI), sendo que as categorias 1 e 3 foram propostas por Souza (2005), no estudo da aprendizagem em física. A categoria 2, Conceitos Híbridos (CH), reuniu as respostas que não se enquadravam em nenhuma das demais categorias deste estudo. Apresentam conceitos científicos (Big-Bang e/ou evolução) e místicos.

Para melhorar a identificação dos teoremas-em-ação nos diferentes campos conceituais, optou-se por separá-los em CCOU (campo conceitual da origem do universo) e CCOV (campo conceitual da origem da vida).

Questão-problema 1 (identificação das concepções prévias): Escreva um texto explicando a origem do universo, sistema solar, planeta terra e a vida, considerando que as galáxias estão se afastando uma das outras. Como explicar que o nosso planeta tem 4,5 bilhões de anos aproximadamente e que estudos revelam o seu passado como “uma bola” de matéria super aquecida? Os seres vivos sempre existiram? Fósseis de seres vivos de milhões de anos indicam que os seres vivos sempre foram iguais ou tem sofrido modificações?

A seguir, trechos transcritos, como exemplos de cada categoria na análise das situações propostas. Os possíveis indicadores de invariantes operatórios (CCA; CH; CCI) foram inferidos a partir das respostas dos alunos.

4.1 Categoria 1 – Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)

Resposta 1: “...há 4,5 bilhões de anos atrás houve uma grande explosão, onde teve uma chuva de meteoros, onde se formou os rios, lagos e mares, depois veio as bactérias, os crustáceos, os peixes e assim em diante até a origem do homo sapiens. ”

Resposta 2: “A origem do universo para mim foi a grande explosão, Big-Bang, e assim formou-se o sistema solar. Com pequenas partes da matéria, foi se formando o planeta....que ganhou forma e assim os continentes se juntaram. Em uma única célula a

vida começou. O primeiro ser vivo da Terra era um bicho parecido com o girino, com apenas uma célula. Depois a terra ganhou vida com os peixes, dinossauros e outros animais daquela época.”

As respostas desta categoria têm aproximadamente a mesma estrutura e provavelmente, utilizam teoremas-em-ação, similares. Alguns textos indicam maior diversidade de conceitos e são semelhantes em relação à linguagem.

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo originou-se de uma grande explosão.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “a vida começou com a célula ou bactéria e depois apareceram os outros seres vivos.”

A maioria dos possíveis teoremas-em-ação do CCOU não insere o elemento conceitual de evolução do universo e no CCOV o sentido “apareceram” pode indicar um teorema-em-ação, implícito não-científico. A não compreensão das formas iniciais de vida, a partir das condições da Terra primitiva, pode significar que o aluno não domina ainda estes conhecimentos, ou que esta visão mecânica do aparecimento da vida pode vir a representar um obstáculo epistemológico na aprendizagem dos conceitos científicos, relacionados à origem e evolução da vida. Vergnaud (1990) salienta que os conhecimentos anteriores podem se tornar obstáculos para os novos conhecimentos.

Na resposta 2, nota-se o conhecimento prévio da evolução do planeta Terra com o possível teorema-em-ação: “o planeta Terra se formou e evoluiu a partir de partes de matéria”. Percebe-se que o sentido de evolução da vida, da forma mais simples a mais complexa, está presente nas duas respostas. Nos conhecimentos prévios, em ambas as respostas, não há um possível indicativo de invariante operatório da origem da vida como continuidade da evolução do universo.

O conceito evolutivo da vida faz parte do senso comum de forma mais evidente do que o conceito evolutivo do universo, pois as informações sobre a evolução dos seres vivos encontram-se mais acessíveis na mídia, museus de ciências, filmes de ficção-científica e nas discussões na escola, facilitada também pela ampla divulgação da existência de fósseis, fato que não pode ser refutado por teorias não científicas.

4.2 Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)

Resposta 1: “Acredito que foi tudo criação de Deus. Ele como força maior fez sim todo o universo, sistema solar... Deus está nos pequenos detalhes, assim como a vida, os humanos, animais, plantas... Outra teoria válida foi a da explosão do Big-Bang, mas não tenho muita informação de como as coisas se seguiram, como os humanos foram evoluindo e tal”.

Resposta 2: “...para mim a origem de tudo é Deus,..criou tudo o que existe, o universo,..e vida. Não deixo de acreditar na teoria científica...acredito que ele criou os seres que evoluíram como a teoria científica explica. ”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo e tudo o que existe foi criação de Deus” e “a teoria científica também explica a origem do universo”.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1: “Deus está na vida” e “não sei como foi a evolução dos humanos” e resposta 2: “Deus criou os seres vivos e eles foram evoluindo de acordo com a teoria científica”.

Os possíveis invariantes operatórios desta categoria para o CCOU indicam a coexistência das explicações, científica ou não, podendo-se inferir um invariante operatório mais amplo: “o universo foi criado por Deus apesar da ciência também explicar sua origem”. Com relação ao CCOV ocorre a tendência de explicar a origem da vida de forma não-científica e mencionar a evolução dos seres vivos de acordo com a ciência. Um possível invariante operatório mais amplo seria: “Deus criou os seres vivos e estes foram evoluindo”. A teoria da evolução do universo, mais uma vez, deixa dúvidas. Estas informações ainda não fazem parte do senso comum dos estudantes, então o desenvolvimento da aprendizagem do CCOU no ensino médio torna-se importante, principalmente na disciplina de biologia. Relaciona-se, desta forma, os primórdios do universo com a origem e evolução da vida.

4.3 Categoria 3 - Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)

Resposta 1: “Eu acredito que Deus criou o universo. Ele criou a Terra e fez aparecer a primeira célula, e a partir daí o mundo foi evoluindo”.

Resposta 2: “Origem do Universo, eu acho que foi Deus que criou tudo, e depois veio Adão e Eva...”

Nesta categoria, o CCOU se complementa com o CCOV, visto que o possível teorema-em-ação “Deus criou o universo” apresenta uma continuidade com a ideia da criação da vida em suas diferentes formas: “a partir da criação do universo ele criou a vida e ela foi evoluindo”. A ideia da evolução da vida está presente na maioria dos textos. Mais uma vez, não se encontra possíveis invariantes operatórios sobre a evolução do universo.

Nesta categoria, os textos apresentam simplificação estrutural, indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares e inadequados, os quais traduzem uma não compreensão dos campos conceituais (ou não aceitação destes) envolvidos na situação problema.

A teoria da origem do universo, Big-Bang, citada em muitos textos (CCA; CH e CCI), não é compreendida através dos conceitos químicos que relacionam a evolução da matéria com a organização das partículas subatômicas, na formação de átomos e moléculas. Também não são mencionados os conceitos físicos de termodinâmica da matéria do universo primordial. O desconhecimento sobre a evolução do universo, como percebido nesta pesquisa, evidencia a importância do desenvolvimento deste campo conceitual, importante para compreender a dialética da matéria (através dos fenômenos químicos e físicos) em direção à origem da vida.

Questão-problema 2: O universo sempre existiu ou teve um início? E a matéria que constitui o universo, esteve da mesma forma que a conhecemos atualmente (galáxias, nebulosas, planetas, seres vivos, etc.) ou sofreu modificações? Como explicar as modificações ambientais atuais? Elas também ocorreram há milhões de anos atrás? Os seres vivos acompanham estas mudanças?

A questão-problema 2 foi reformulada para enfatizar situações que promovam a explicitação de possíveis invariantes operatórios relacionados à evolução do universo, e a evolução da vida, como consequência da evolução do universo e das condições ambientais do planeta. As respostas referentes aos conhecimentos prévios (relacionadas à questão-problema 1) não explicitaram estes possíveis teoremas-em-ação.

4.4 Categoria 1 – Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)

Resposta 1: “O universo surgiu do Big-Bang que foi uma explosão. Os planetas em choque por causa do Big-Bang e dos impactos dos meteoros. Meteoros que levam partículas de água bateram com os planetas e partículas de chuva dos meteoros. Depois a vida e as células evoluíram. ”

Resposta 2: “O universo surgiu depois de uma enorme explosão e a galáxia foi decorrente também da explosão que foi chamada de Big-Bang. O sistema solar é como um subsistema que tem dentro da galáxia e o planeta Terra é uma das esferas de enorme matéria. A vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como partículas de água e outros. ”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo surgiu a partir de uma explosão chamada Big-Bang”. Resposta 1: “Os planetas são afetados pelo Big-Bang e partículas de chuva dos meteoros”. Resposta 2: “ A galáxia e o sistema solar foram decorrentes da explosão do Big-Bang”. “O planeta Terra é uma esfera e tem grande quantidade de matéria. ”

No CCOU a estrutura das respostas sugere uma diversidade e complexidade maior dos invariantes operatórios, que aqueles encontrados nas respostas relacionadas aos conhecimentos prévios para esta categoria. Já se encontra o conceito de evolução do universo em alguns teoremas-em-ação. Este fato sugere que as variadas intervenções didáticas, com diferentes situações-problema, concomitante com a reformulação da questão-problema 2, poderiam estar promovendo respostas com teoremas-em-ação adequados cientificamente (que envolvam o conceito de evolução do universo). Ambas as respostas possuem possíveis indicadores de teoremas-em-ação que evidenciam a compreensão da relação da evolução do universo com a origem das galáxias, e o planeta como resultado deste movimento da matéria.

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1: “meteoros levam água para o planeta e depois a vida, representada pela célula, evolui ”. Resposta 2: “a vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como a existência de água. ” Nota-se que embora o teorema-em-ação da resposta 1 apresente uma explicação inadequada para a causa a existência de água no planeta, a consequência deste fato é correta (existência de vida e a evolução da célula).

Os possíveis invariantes operatórios sugerem uma aprendizagem significativa para lidar com as situações-problema relativas à origem da vida, pois a essência deste campo conceitual é a compreensão do conceito de evolução como precursora da vida no planeta. As respostas desta categoria apresentam estrutura semelhante, indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares.

4.5 Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)

Resposta 1: “ Eu gosto de brincar dizendo que Deus mandou o Big-Bang explodir e em sete dias criou em sua mente como a vida viria a seguir daí ele pôs tudo na teoria da evolução”.

Resposta 2: “Para mim Deus criou o mundo e tudo o que existe no universo. Não acho que as teorias científicas por isso estejam erradas (Big-bang, evolução), mas que isso só aconteceu porque Deus quis assim”.

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “A teoria científica da evolução existe porque esta é a vontade de Deus”.

As respostas relacionadas aos CCOU e CCOV sugerem simplicidade na estrutura dos invariantes operatórios, se comparada (a estrutura) daqueles encontrados nos textos CCA. As situações-problema propostas nas intervenções didáticas juntamente com as modificações da questão-problema, parecem não terem sido suficientes para promover rupturas nos conhecimentos anteriores destes alunos. Não há evidências de que os alunos não compreenderam os conceitos relativos à origem do universo e da vida; pelo contrário, ao fazer menção de sua existência, explicam a teoria científica através da teoria não-científica. Comparando os CH (das concepções prévias e dos novos conhecimentos), observa-se que as estruturas dos teoremas-em-ação das explicações do CCOU, são similares e inadequadas cientificamente, e os possíveis teoremas-em-ação do CCOV assemelham-se por acrescentar o conceito evolutivo da vida relacionada aos CCI.

4.6 Categoria 3 – Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)

Resposta 1: “ A única coisa que eu acredito é que Deus fez o mundo: a Terra... os animais... fez o homem chamado Adão...”

Resposta 2: “ Eu acredito que tudo que tem na Terra, no universo foi Deus que criou... acredito também que foi ele que fez surgir a vida...”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “ Deus criou o universo e a Terra. ”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “ Deus criou a vida. ”

Comparando os CCI das concepções prévias com os CCI dos novos conhecimentos, encontra-se a mesma simplificação estrutural e conceitual dos possíveis teoremas-em-ação. Em relação à diversidade conceitual, os textos referentes aos CCA apresentam em sua estrutura diferentes conceitos e teoremas-em-ação, se comparados aos da categoria dos CCI. Este fato pode ser explicado pela natureza da estrutura das respostas dos CCA, pois a explicação que considera as teorias científicas apresenta diferentes possibilidades de construção de possíveis invariantes operatórios para explicar os acontecimentos da situação problemática, mesmo que em algumas explicações incorram em alguns erros científicos. Exemplo: “O meteoro levou água para o planeta acarretando a possibilidade do surgimento da vida”. Pode-se dizer que os CCI não são concepções alternativas, pois os alunos desenvolveram estas explicações para dar conta de diferentes situações que envolvem o problema da origem e evolução do universo, incluindo a vida. Então, pode-se dizer que estes invariantes operatórios seriam uma regra implícita que integraria um esquema e modelos mentais necessários para resolver as situações desta classe.

Segundo Vergnaud (1990), o domínio de um campo conceitual (aprender e desenvolver competência para dar conta de situações-problema), é progressivo e demorado. Considerando as características dos CCOU e do CCOV, este domínio envolve mais do que desenvolver competências cognitivas para explicar os conceitos científicos em questão. Estes campos conceituais envolvem também crenças e sentimentos, que dizem respeito aos aspectos culturais do sujeito, que provavelmente vão estar relacionados às explicações científicas, como visto neste estudo. Também ocorreram situações em que os alunos negaram totalmente as teorias científicas. Nestes

casos, as crenças serviram de obstáculos epistemológicos, talvez não à compreensão, pois a teoria científica seria um invariante operatório implícito, mas à aceitação de que a ciência explica estes fenômenos.

Estudos que relacionam a educação científica e religiosa (mística) indicam que há divergências de opiniões sobre o tema. Mahaner e Bunge (1996) afirmam que dados os conflitos doutrinários, metafísicos, metodológicos e atitudinais entre ciência e religião, a educação religiosa é incompatível com a educação científica. Já Woolnough (1996), interpreta que a educação religiosa e educação científica são independentes e complementares, pois a ciência e religião respondem a diferentes necessidades humanas. Porém, a síntese entre estas duas formas de conhecimento provoca distorções de ambas, e à construção de estruturas de conhecimento inconsistentes (EL-HANI e BIZZO, 2002). As concepções híbridas (CH), como por exemplo, “Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim”, praticamente finalizam a questão sobre a origem do universo, dificultando a exploração de novas situações problema, relativas ao CCOU.

Cobern (1996) afirma que o Ensino de Ciências deve ter o objetivo de tornar tais teorias, modelos e conceitos, compreensíveis para os estudantes, e não esperar que os alunos apreendam os conhecimentos da ciência, percebendo-os como verdade. Neste sentido, a Teoria dos Campos Conceituais é importante, pois prioriza as situações que darão sentido aos conceitos científicos e o estudo da estrutura destes conceitos, relacionando-os com os conhecimentos prévios dos estudantes. Então, segundo Mortiner (1995), a aprendizagem das ciências ocorrerá através da aplicabilidade das várias zonas de seu próprio perfil conceitual.

A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud tem-se mostrado eficaz na pesquisa no ensino de física (COSTA e MOREIRA, 2005; Moreira, 2002). Já consolidada no ensino de matemática, propõe-se o desenvolvimento de novas pesquisas em diferentes campos conceituais, utilizando este referencial teórico que se mostra promissor na pesquisa do ensino de biologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes. 1982.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

COSTA, S. S. C. e MOREIRA, M. A. Knowledge-in-action: an example with rigid body motion. **Research in Science & Technological Education**, v. 23, n. 1, p. 99-122, 2005.

EL-HANI, C. N. e BIZZO N. M. V. Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. **Ensaaios FEE**, Belo Horizonte, v. 4, p. 1-5, 2002.

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, M. C. Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 201-226, 2003.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C. e MOREIRA, M. A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

MAHNER, M e BUNGE, M. Is religious education compatible with science education? **Science & Education**, v. 5, n. 2, p. 91-99, 1996.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, p. 7-29, 2002.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, p. 267-285, 1995.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didatique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p.133-170, 1990.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, p. 9-19. Porto Alegre: Ed. GEMPA, n. 4, 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v.17, n. 2, p.167-181, 1998.

WOOLNOUGH, B. On the fruitful compatibility of religious education and science. **Science & Education**, v. 5, n. 2, p. 175-183, 1996.

**10 2 2 A APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE FOTOSSÍNTESE NO
ENSINO MÉDIO
ATRAVÉS DE SITUAÇÕES-PROBLEMA NO REFERENCIAL TEÓRICO DOS
CAMPOS CONCEITUAIS**

*THE LEARNING OF THE CONCEPT OF PHOTOSYNTHESIS IN HIGH SCHOOL
THROUGH PROBLEM SITUATIONS IN THEORETICAL FRAMEWORK OF
CONCEPTUAL FIELDS*

Karen C. Tauceda⁶⁰

José Cláudio Del Pino⁶¹

Vladimir Magdaleno Nunes⁶²

INTRODUÇÃO

A compreensão dos alunos dos conceitos básicos das ciências biológicas é importante na aprendizagem dos fenômenos biológicos, físicos e químicos. O ensino-aprendizagem destes conceitos (por professores de diferentes níveis) como uma tarefa difícil. Carrascosa (2005) e Medeiros et al. (2009), salientam que, muitos alunos memorizam o conteúdo ou aprendem concepções alternativas não cientificamente aceitas; o ensino e o currículo são defasados, resumindo a educação científica ao uso dos livros didáticos, limitando então o processo criativo do aluno e professor. Dentre as

⁶⁰ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁶¹ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

⁶² Mestre em Microbiologia Agrícola e do Meio Ambiente - UFRGS. Professor de Biologia do Centro Tecnológico Parobé. SEC/RS, CEP: 90010420 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. vladinunes@terra.com.br

dificuldades relatadas por professores está a de desenvolver metodologias mais criativas e eficientes (MEDEIROS et al., 2009) que promovam processos cognitivos da aprendizagem significativa. Atividades didáticas e materiais instrucionais que proponham situações- problema (investigativas) são mais eficazes neste objetivo (COSTA e MOREIRA, 2001).

O ensino da fotossíntese tem sido considerado difícil em função das concepções prévias dos alunos, muito diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica (SOUZA e ALMEIDA, 2001; BONZANINI e BASTOS, 2004). Também é descrita dificuldades, resultado de utilização de certos materiais instrucionais (livro didático): não compreensão da fotossíntese como um processo de síntese, não relacionamento deste processo com a célula e os processos bioquímicos entre si, não relacionamento destes processos bioquímicos com o meio ambiente (TAUCEDA, et al. 2011).

Os conceitos bioquímicos relacionados à fotossíntese são considerados abstratos e complexos, com inúmeras relações e contextualizações, necessárias para promover significados para os alunos (TAUCEDA, 2009). Então, o ensino deve ser planejado para facilitar a aprendizagem significativa, isto é, onde o aluno demonstre compreensão na formação de modelos mentais explicativos, preditivos e funcionais (MOREIRA, 1996; JOHNSON-LAIRD, 1983), aplicando os conceitos de determinada área do conhecimento em diferentes situações (VERGNAUD, 2003). O campo conceitual da fotossíntese, (isto é, todos os conceitos com suas propriedades, procedimentos e relacionados que dão significado a diferentes situações de determinada área do conhecimento), são fundamentais para o ensino de biologia. Estes conhecimentos possibilitam a compreensão da evolução das condições abióticas da Terra primitiva; do funcionamento celular fotossintetizante para obtenção de energia; da importância da fotossíntese como precursora de outras formas de metabolismo energeticamente mais eficientes; das relações entre diferentes tipos de metabolismo e como eles se retroalimentam; da cadeia alimentar; das consequências ecológicas da fotossíntese e os problemas ambientais a ela relacionados.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) e a Aprendizagem Significativa (AS)

A TCC de Vergnaud é uma teoria cognitivista que apresenta relações com a teoria pedagógica de Ausubel (MOREIRA, 2004). Ambas as teorias mencionam a importância dos conhecimentos prévios dos alunos, o conhecimento a ser aprendido e as situações na sala de aula que promoverão as interações das estruturas cognitivas (esquemas de assimilação, invariantes operatórios) do conhecimento do aluno e do conceito a ser aprendido (VERGNAUD, 2005; MOREIRA et al., 2004). A AS é o processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL et al., 1980).

Embora a TCC tenha se desenvolvido em situações de ensino da aprendizagem em matemática, Vergnaud (2003) afirma que a noção conceitual é inerente a todas as áreas do conhecimento humano.

Identificando a complexidade do conhecimento das ciências, Moreira (2004) afirma que a TCC vem a ser um referencial importante no ensino desta área, já que é uma teoria multifacetada que envolve a complexidade decorrente da reunião em uma única perspectiva teórica, o desenvolvimento de situações progressivamente dominadas. Esta análise tem como objetivo melhorar a compreensão do processo de aprendizagem nas tarefas envolvidas para resolver situações problema, articulando a identificação da estrutura conceitual que se quer ensinar com a identificação da estrutura cognitiva do sujeito. Vergnaud (1986) propõe uma visão articulada da construção dos conhecimentos, visto que, para ensinar é importante entender como o aluno aprende.

A teoria de Vergnaud é uma teoria psicológica cognitivista do processo de conceitualização do real, que depende muito da situação e da conceitualização específica (VERGNAUD, 1990). Um conceito adquire sentido por meio de situações e problemas que o aluno venha a resolver (VERGNAUD, 1996) e através das relações que estabelece com outros conceitos (NOVAK, 1981). Para Vergnaud (1990), o saber se forma de problemas para resolver, situações para dominar. Na descoberta de relações e hipóteses, surgirão procedimentos que produzirão uma solução.

Segundo Vergnaud (1996) todo conceito envolve três conjuntos: (S): o conjunto de situações que tornam o conceito útil e significativo; (I) o conjunto de invariantes operatórios que podem ser usados pelo sujeito para resolver estas situações e são constituídos de conceitos-em-ação (objeto, predicado ou uma categoria de

pensamento tida como pertinente, relevante a uma determinada situação) e teoremas-em-ação (uma proposição tida como verdadeira sobre o real); (R) o conjunto de representações simbólicas – linguísticas, gráficas ou gestuais – que podem ser usadas para representar invariantes, situações e procedimentos.

Vergnaud (1986) considera que as situações devem abordar uma diversidade de classes de problemas para que sejam encontradas todas as propriedades de um conceito; que uma situação geralmente implica em articular vários conceitos e que para dar sentido às novas situações os alunos aplicam seus conhecimentos prévios. Então, as situações são fundamentais para a articulação e significação dos conceitos, isto é, a conceituação.

A importância dos conhecimentos anteriores para o desenvolvimento cognitivo dentro de um campo conceitual (constituídos por conceitos funcionais) é a articulação entre a teoria cognitivista de Vergnaud e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Moreira e Ostermann, 1999). Para Vergnaud (1990), a função do professor é conhecer as dificuldades das tarefas cognitivas, dos obstáculos, o repertório de procedimentos para elaborar situações adequadas. Ausubel et al. (1980, 1983) afirma ser necessário o “mapeamento” conceitual prévio dos alunos na elaboração de atividades que promovam a aprendizagem.

A resolução de situações-problemas

A resolução de problemas na teoria de aprendizagem de Ausubel é qualquer atividade na qual a representação cognitiva de experiência prévia e os componentes de uma situação problemática apresentada são reorganizados a fim de atingir um determinado objetivo. Este determinado objetivo corresponde à necessidade cognitiva dos novos conceitos. (AUSUBEL, 2003). A TCC acrescenta que esta reorganização conceitual promovida pelas situações que o aluno consegue resolver é fundamental no processo de conceituação, isto é, no avanço cognitivo Vergnaud (1990). Como o conceito só existe em situação é a situação dá o sentido aos conceitos. As situações problema parecem ser o ápice de todo o processo de aprendizagem.

Um conceito se torna significativo quando os alunos dominam progressivamente uma variedade de situações, moldando seus conhecimentos. Vergnaud (1996) também denomina a compreensão destas situações de “resolução de problemas”.

Ele afirma que este desenvolvimento é lento. Então, quanto mais situações problemáticas o professor debater com seus alunos, procurando interagir os conhecimentos destas situações com a estrutura conceitual (invariantes operatórios e esquemas) dos conceitos prévios dos estudantes com a estrutura conceitual dos conhecimentos que se quer ensinar, mais chance os alunos tem de desenvolver-se cognitivamente em determinados campos conceituais, isto é, conceituem

Aplicando determinado conceito (teorema e conceito em ação) na resolução de diferentes situações, de determinada classe, o aluno não só conceitua (o conceito só tem sentido em situação), como também forma esquemas de assimilação, que são importantes no processo de generalização do conhecimento e desenvolvimento da abstração cognitiva.

A teoria de Vergnaud é um referencial eficaz para análise das dificuldades tanto de professores como de alunos. As dificuldades dos estudantes poderiam ser analisadas em termos de invariantes operatórios, quais conceitos e teoremas-em-ação os estudantes estariam usando na resolução de problemas (e quão distantes estariam dos conceitos e teoremas científicos adequados à resolução do problema em pauta (Moreira, 2004). Para os professores esta análise seria útil na identificação de quão distantes estariam a estrutura conceitual de situações e conteúdos de ensino dos conceitos desenvolvidos pelos alunos.

JUSTIFICATIVA

Em consequência das dificuldades do ensino-aprendizagem de certos conceitos biológicos, particularmente da fotossíntese, foi pensada esta pesquisa, que interage aspectos cognitivos dos alunos e de mediação do professor, no referencial teórico de Vergnaud.

OBJETIVOS

1. Identificar e analisar as estratégias cognitivas que os alunos desenvolvem ao se deparar com uma situação-problema, isto é, os invariantes operatórios, com o objetivo de formular (situações) que otimizem a aprendizagem significativa.
2. Identificar e categorizar classes de situações, percebendo-se quais esquemas (conceitos) que poderão ser construídos a partir destas situações.
3. Desenvolver situações que propiciem a explicitação de invariantes operatórios implícitos para que ocorra a negociação de significados (aluno/aluno/professor).

METODOLOGIA

Esta pesquisa, referente ao doutorado no PPG - Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde iniciou em março de 2012, no Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Um dos aspectos deste estudo é:

Comparação entre turmas na promoção da aprendizagem significativa

(T1): será utilizada metodologia na perspectiva da TCC (5 turmas)

(T2): será utilizada metodologia tradicional (1 turma)

É desenvolvida a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) em cinco turmas de 1º ano do ensino médio (T1) e uma turma não será desenvolvido a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) (T2) (adaptado de Krey e Moreira, 2009). Estas turmas, da disciplina de biologia são da regência da autora da pesquisa e cada uma tem aproximadamente 35 alunos. O período para a realização das atividades referentes ao campo conceitual da fotossíntese será em torno de dois meses, pois o tempo para aprendizagem é longo e nem sempre coincide com o período de ensino (VERGNAUD, 1990).

(T1): denominada “ensino diversificado” – este ensino é baseado em situações-problema potencialmente significativas, tanto na apresentação de conteúdos como das situações-problema de avaliação (com produção de textos e desenhos). O significado de situação-problema nesta pesquisa não é a mesma daquele dos exercícios de fim de capítulos dos livros texto. É uma situação generativa, produtiva, isto é, o aluno percebe

como problema e para resolvê-lo, dá sentido aos conceitos necessários para solucioná-lo (VOSNIADOU, 1994). Considera-se a estrutura conceitual que se quer ensinar, a estrutura cognitiva do aluno, o desenvolvimento cognitivo (filiações/rupturas), e o tempo longo para ocorrer a aprendizagem. As interações (aluno/aluno/professor), nas discussões da apresentação dos conteúdos e nas discussões da apresentação das situações-problema (avaliações), aborda o desenvolvimento cognitivo, na abordagem da TCC. É Enfatizado o debate (tornar os conhecimentos implícitos em explícitos), negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (Grossi, 2006). Não é apresentado para os alunos, o conhecimento “pronto” (formalismo do ensino tradicional).

Serão propostas atividades de ensino diversificadas: situações-problema potencialmente significativas teóricas (adaptado de Krey e Moreira, 2009).

1. Situações teóricas: São de 2 tipos, discussões e tarefas. As situações teóricas são problemas que ao resolvê-los, o aluno deverá demonstrar compreensão dos conceitos, explicando-os, aplicando-os, fazendo previsões, e não propondo respostas que demonstrem simples memorização (VOSNIADOU, 1994). As discussões (no pequeno e grande grupo) e as tarefas (realizadas individualmente) tem o objetivo de identificar os conceitos subsunçores (conhecimentos prévios) e “tencionar” os alunos para relacioná-los com os novos conhecimentos (conceitos que se quer ensinar). Nesta interação ocorrerá a reformulação e a ressignificação dos conceitos indicando uma aprendizagem significativa.

Nas discussões ocorre a negociação de significados entre aluno/aluno/professor, da linguagem, pois os conceitos não são apresentados “acabados”. O aluno é direcionado à resolver as situações problemáticas através da reflexão de suas estruturas cognitivas prévias com o “inacabado” conceitual proposto (situações). É fundamental desenvolver problemas potencialmente significativos, que gere no aluno uma “necessidade cognitiva” do conceito trabalhado. Estas situações só terão sentido a partir da aplicabilidade do conceito que se quer ensinar, isto é, através da interação dos conhecimentos prévios com o novo conhecimento (conceituação).

As situações teóricas são constituídas de:

1.1 Situação para introdução de conceitos: promover as conceituações, ao longo das atividades de ensino (discussões)

1.2 Situações-problema 1 (avaliação): identificação dos conhecimentos prévios (texto/desenho) - individual

1.3 Situações-problema 2 (avaliação): identificar o desenvolvimento da aprendizagem (texto/desenho) - individual

O objetivo das situações (potencialmente significativas) é favorecer a aprendizagem significativa do aluno e a conceituação (Krey e Moreira 2009; Ausubel et al. 1980) e testar seus modelos explicativos em diferentes contextos e situações (formação de esquemas) (Vergnaud, 2004).

(T2): denominada “ensino tradicional”: não se baseia em de situações-problema na apresentação dos conteúdos. A mediação aluno/aluno/professor é reduzida. Na situação teórica de introdução dos conceitos, a metodologia constará de uma apresentação de conceitos relacionados aos conteúdos que se quer ensinar. Estes, não serão inseridos em situações-problema. A aula é expositiva (narrativa). As situações-problema avaliativas serão as mesmas de T1. A diferença será a mediação do professor e o aspecto conceitual da apresentação dos conteúdos. O conceito é apresentado pronto e a definição de conceito não é a de Vergnaud, pois este não se relaciona a uma situação problemática que o aluno deverá solucionar. Serão poucas intervenções e questionamentos na apresentação dos conteúdos assim como na apresentação de situações-problema avaliativas. Esta metodologia não enfatiza a organização de momentos em que sejam oportunizadas mediações entre aluno/aluno/professor. Isto porque não há a preocupação de identificar os conhecimentos prévios, por meio de discussões ou tarefas escritas. Se conhecimentos prévios forem explicitados, estes não serão utilizados para a reformulação das situações-problema avaliativas.

Em T1 e T2 serão produzidos possíveis invariantes operatórios que serão listados para identificar quão distantes estão dos conceitos científicos e, em T1, quais reformulações nas situações serão necessárias. A análise dos dados (T1 e T2) será qualitativa, utilizando o critério de desempenho nas atividades propostas (nível de compreensão no desenvolvimento dos conceitos científicos) (adaptação de Krey e Moreira, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresenta informações que ainda não foram tabelados e discutidos, dado o aspecto inicial deste estudo. Porém, mostra reflexões de diversos autores, sobre as dificuldades de ensinar e aprender sobre fotossíntese. Também indica implicações da TCC em situação de ensino, sua contribuição, tanto para alunos como para professores no desenvolvimento da aprendizagem significativa e de conceituações, no campo de conhecimento das ciências e possivelmente em biologia, como a fotossíntese, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Rio de Janeiro, Interamericana. In: **Educational psychology: a cognitive view**, 1980.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. Psicología educativa: um punto de vista cognoscitivo. In: **Educational psychology: a cognitive view**, México: Editorial Trillas, 1983.

AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. In: **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Kluwer Academic Publishers. 2003.

BONZANINI, T. K. e BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de Biologia Média. In: R. NARDI (Org.), **Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores**, p. 79-93. São Paulo: Escrituras, 2004.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad. (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. **Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 388-402, 2005.

COSTA, S. S. C. e MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 18, n. 3, p. 278-297, 2001.

GROSSI, E. P. **Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações. Textos.** Porto Alegre: GEEMPA, 2006.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models.** Cambridge MA: Harvard University Press. 1983.

KREY, I. e MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat, Am. J. Phys. Educ.** v. 3, n. 3, 2009.

MEDEIROS, S. C. S., COSTA, M. F. B.; LEMOS, E. S. O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. n. 3, 2009.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

_____ **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área.** Porto Alegre: Faculdade de Física, UFRGS, 2004.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas.** Porto Alegre: UFRGS, (Textos de apoio ao professor de Física), 1999.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira. Physics Education. College Park, 1981.

SOUZA, S. C. e ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura nas ciências do ensino fundamental: a Fotossíntese em textos originais de cientistas. **Proposições**, n. 50. Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas. 2001.

VERGNAUD, G. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas. Um exemplo: as estruturas aditivas. **Análise Psicológica**, v. 1, p. 75-90, 1986.

_____. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133 – 170, 1990.

_____. 1996. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19.

_____ A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org) **Por que ainda há quem não aprende? A teoria**. Ed. Vozes, RJ: Petrópolis, 2003.

_____. Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. In: GROSSI, E. P. **Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem**, p. 85-100. Porto Alegre: GEEMPA, 2005.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, v. 4, 1994.

10 2 3 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE GÉRARD VERGNAUD, O ENSINO BASEADO NA NARRATIVA DO PROFESSOR E DO “APRENDER A APRENDER”: DIFERENÇAS, SIMILARIDADES E EPISTEMOLOGIAS

THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS OF Gerard VERGNAUD, EDUCATION BASED IN THE NARRATIVE OF THE TEACHER AND THE "LEARNING TO LEARN": DIFFERENCES, SIMILARITIES AND EPISTEMOLOGIES

Karen Cavalcanti Tauceda⁶³

José Cláudio Del Pino⁶⁴

Atualmente, referências sobre a importância “do aprender” e “do ensinar” são feitas com frequência. Nesta análise, tem-se a impressão que alunos e professores fazem parte de universos pedagógicos distintos, e que se encontram por acaso, na sala de aula. Nesta ruptura epistemológica, encontra-se a realidade da escola; distante das discussões que ocorrem nas universidades, padece de autorreflexão. Mesmo professores recém-saídos das universidades parecem não compreender a importância de ensinar a teoria relacionada com a prática, a ideia com a ação, a narrativa do professor com as concepções do aluno, o ensinar e o aprender a aprender. O “ensinar” e o “aprender” estão intimamente relacionados. O professor só poderá ensinar se compreender como o aluno aprende. Nesta perspectiva, a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1990, 1996, 2003), é um referencial teórico importante por enfatizar a práxis educativa em ciências. Além de priorizar a ideia do conceito/conceituação, esta teoria também

⁶³ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁶⁴ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

ênfatiza os conhecimentos prévios, as situações-problema e as interações entre os sujeitos envolvidos no processo ensino-aprendizagem. O modelo clássico de ensino, consagrado e aceito por professores, alunos, pais e sociedade em geral, é aquele em que o professor ensina fundamentalmente falando, dizendo aos estudantes o que se supõe que devam saber. Este modelo pedagógico narrativo se coloca no lado oposto à teoria dos campos conceituais. Em primeiro lugar porque a intervenção do professor na TCC é propositiva e não impositiva, pois considera os conhecimentos prévios dos alunos. Em segundo lugar, a TCC é uma teoria reflexiva, que propõe a análise crítica sobre a prática ao ênfatizar a importância das situações-problema na interação com os conhecimentos prévios e com os conceitos que se quer ensinar. Existe uma diferença entre elaborar situações problemáticas e propô-las aos estudantes, e transmitir os conceitos prontos, como sugere o método da narrativa. Em terceiro lugar, na TCC o professor irá promover a explicitação dos conhecimentos, através do debate na sala de aula, pois este é produzido pelos sujeitos na interação criativa, propositiva e reflexiva. Este ensaio propõe a discussão da Teoria dos Campos Conceituais em relação ao ensino tradicional, baseado na narrativa do professor e ao ensino centrado no aluno, do “aprender a aprender”. Busca-se fazer algumas considerações epistemológicas em relação a estas teorias relacionando-as com a elaboração dos conhecimentos científicos na perspectiva dos campos conceituais; nesta aproximação, pretende-se encontrar diferenças e similaridades à epistemologia da TCC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didactique dès Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133 – 170, 1990.

_____. 1996. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19.

_____. A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org) **Por que ainda há quem não aprende? A teoria**. Ed. Vozes, RJ: Petrópolis, 2003.

Artigo aceito para ser apresentado no VI Encontro Regional sul de Ensino de Biologia – Santo Ângelo: RS, Universidade Regional Integrada (URI), 22 a 24 de maio de 2013.

10 2 4 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS NA APRENDIZAGEM EM BIOLOGIA: DIFICULDADES E PERSPECTIVAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE ALGUNS RESULTADOS NO ENSINO MÉDIO

THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS IN LEARNING BIOLOGY: PROBLEMS AND PROSPECTS THROUGH THE ANALYSIS OF SOME RESULTS IN MIDDLE SCHOOL

Karen Cavalcanti Tauceda⁶⁵

José Cláudio Del Pino⁶⁶

Resumo

Este trabalho apresenta alguns resultados referentes à Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, no ensino de biologia de nível médio, em uma escola pública de Porto Alegre, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos. Os campos conceituais analisados são do universo e da fotossíntese, ambos problematizados através de questões-problema. Percebeu-se o quão é importante à adequação conceitual destas situações e o potencial dos invariantes operatórios para diagnosticar dificuldades de aprendizagem. São discutidos alguns aspectos desta metodologia, em comparação à metodologia tradicional, como por exemplo, o papel do aluno, do professor e dos conteúdos para a aprendizagem.

Palavras-chave: universo, fotossíntese, campo conceitual.

⁶⁵ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁶⁶ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

A Teoria do Campo Conceitual (TCC) de Vergnaud (1990) é uma teoria de aprendizagem cognitivista (pós-construtivista) que pressupõe a análise dos conhecimentos (prévios e novos) e a promoção da interação entre aluno, conceitos e professor, este, fundamental na elaboração de situações problemáticas adequadas para a aprendizagem dos alunos. Segundo Grings et. al. (2006) as situações e problemas propostos são fundamentais no processo da aprendizagem.

A análise rápida e superficial destes primeiros pressupostos da TCC sugere que, tanto conhecimentos (que no ensino tradicional chamam-se conteúdos) quanto professor (que tradicionalmente utilizam a pedagogia da narrativa, centrada no professor), mantêm o “status” de “elementos fundamentais” para o processo ensino-aprendizagem. Não há dúvida que sem os “conteúdos” não há aula, pois sucumbimos ao vazio da falta de objetivos para o ensino. De maneira similar, o professor é o interlocutor para a “tradução” da linguagem de sua área de conhecimento para que resulte na compreensão do aluno.

A inovação que a TCC propõe se concentra no redirecionamento do foco do processo ensino-aprendizagem: o aluno. É no aluno que se deve buscar os conhecimentos prévios que servirão de alicerce para os novos conhecimentos. É o aluno que produzirá o conhecimento de acordo com suas experiências e informações. Segundo Moreira (2011), o “ensino centrado na narrativa” que é o oposto do “ensino centrado no aluno” desmerece as experiências e conhecimentos do estudante. Também não há incentivo ao debate e ao diálogo entre alunos e professor, pois é do professor que “emana” todo o conhecimento. Mesmo quando a TCC cita que o professor “... é fundamental na elaboração de situações problemáticas adequadas para a aprendizagem dos alunos...”, ela enfatiza a importância do aluno, pois sugere a adequação das situações problemáticas conforme as necessidades de aprendizagem dos estudantes. A importância dos conhecimentos anteriores para o desenvolvimento cognitivo dentro de um campo conceitual (constituídos por conceitos funcionais) é a articulação entre a teoria cognitivista de Vergnaud e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Moreira e Ostermann, 1999).

A questão central do desenvolvimento cognitivo, segundo Vergnaud (1998), é a conceitualização. O desenvolvimento cognitivo ocorre, quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente. A TCC permite analisar as relações entre os conhecimentos (conceitos) explícitos e os invariantes operatórios largamente implícitos do comportamento dos sujeitos em determinadas situações. É identificada as continuidades e rupturas entre estes conhecimentos, do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (Vergnaud, 1990). Para Vergnaud (1998), um conceito adquire sentido através de sua interação com situações e problemas, assimilando as propriedades que formam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação (conhecimentos-em-ação ou invariantes operatórios). O teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e um conceito em ação é uma categoria de pensamento considerada como pertinente. Um conceito está constituído por elementos que se relacionam: situações, invariantes operatórios e suas propriedades que se expressam por meio de diferentes representações simbólicas (Vergnaud, 1996). As situações dão sentido aos conceitos, então o campo conceitual é um conjunto de situações, que requer o domínio de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas (Vergnaud, 1988). Conceitos são definidos por três conjuntos: 1º) S: um conjunto de situações que constituem o referente do conceito; 2º) I: um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que dão o significado do conceito; 3º) R: um conjunto de representações simbólicas que compõem o significante do conceito. Então, como as situações dão sentido aos conceitos, os esquemas (herança piagetiana) dão sentido às situações. O esquema é um elemento cognitivo eficiente (não necessariamente eficaz) para todo um espectro de situações, dependendo das características de cada situação em particular, e pode gerar diferentes sequências de ações (Vergnaud, 1998).

Um esquema contém objetivos, antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência. Os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) são os principais componentes dos esquemas e sua base conceitual, relacionando teoria e prática. Conceitos e teoremas-em-ação não são verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas são componentes essenciais dos esquemas, e estes constituem a base do desenvolvimento cognitivo. Os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos

científicos através do processo de explicitação do conhecimento implícito (Moreira, 2002).

O aprendizado ocorre quando os teoremas e conceitos-em-ação se tornam mais próximos dos teoremas e conceitos científicos; o esquema se torna mais complexo e evolui em sua eficiência para resolver situações-problema. Não se pode evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos alunos, sem considerar as especificidades dos conteúdos envolvidos tampouco o processo de conceituação do real produzido pelo aluno (Vergnaud, 1996). Cabe ao professor esta tarefa.

Parece não estar ocorrendo na prática o estudo da origem do universo no ensino de biologia, apesar já estar incluído nos Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio, o PCN+ (Brasil, 1999). O PCN+ enfatiza que o estudo da biologia deve “relacionar conceitos da biologia com os de outras ciências, como os conhecimentos físicos e químicos, para entender processos como os referentes à origem e à evolução da vida e do universo”. O campo conceitual da origem do universo (todos os conceitos, com suas propriedades, procedimentos e símbolos que dão significados a diferentes situações desta área do conhecimento), é importante para a compreensão de fenômenos físicos e químicos envolvidos nos processos biológicos (por exemplo, a bioquímica e biofísica celular).

O ensino da fotossíntese também tem sido considerado difícil em função das concepções prévias dos alunos, muito diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica (Souza e Almeida, 2001; Bonzanini e Bastos, 2004). São descritas dificuldades, como por exemplo, a incompreensão da fotossíntese como um processo de síntese. O campo conceitual da fotossíntese é fundamental para o ensino de biologia. Estes conhecimentos possibilitam a compreensão da evolução das condições abióticas da Terra primitiva; do funcionamento celular fotossintetizante para obtenção de energia; da importância da fotossíntese como precursora de outras formas de metabolismo energeticamente mais eficientes; das relações entre diferentes tipos de metabolismo e como eles se retroalimentam; da cadeia alimentar; das consequências ecológicas da fotossíntese e os problemas ambientais a ela relacionados.

Os campos conceituais da evolução do universo e da fotossíntese fazem parte de um campo mais amplo, o campo conceitual da evolução da vida. Ao resolverem situações-problema destes campos, os estudantes conceituam a evolução da vida e todos

os fenômenos envolvidos neste evento (físicos, químicos, biológicos). As reflexões relacionadas à metodologia da TCC na sala de aula são subsídios importantes para relacionarmos o cotidiano escolar do ensino de biologia, com esta proposta de ensino.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado durante os meses de março a julho de 2011, em uma escola pertencente à rede pública de ensino, o Colégio Estadual Júlio de Castilhos, localizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os dados da pesquisa são referentes a uma turma de 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, no turno da manhã, com 30 alunos aproximadamente, com faixa etária de 14 a 17 anos.

Foram produzidos pelos estudantes textos para responder às situações-problema propostas. Segundo Grings et. al. (2006), o desenvolvimento cognitivo ocorre quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente.

As situações foram elaboradas com a intenção de que provocassem a explicitação de invariantes operatórios na resolução da questão (situações) - problema propostas. O texto elaborado foi submetido a uma análise qualitativa, com o objetivo de identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios, as dificuldades do desenvolvimento conceitual e a adequação das situações problema propostas para a aprendizagem significativa dos conceitos científicos, relacionados à origem do universo e da fotossíntese. As situações problema propostas são de resposta aberta. Os dados obtidos permitiram inferir possíveis invariantes operatórios usados pelos alunos na resolução destas situações, durante o processo de conceituação e assimilação dos significados dos campos conceituais desta pesquisa.

A questão (situações) 2, foram intercaladas com atividades didáticas diversificadas, e, no ensino do campo conceitual do universo, foram utilizados textos sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos do universo e da vida. Pretendia-se, com este aporte teórico, fornecer conhecimentos para que os estudantes compreendessem as ideias antigas, místicas, folclóricas e científicas nos contextos históricos em que foram produzidas, identificando elementos de ruptura ou validação destas concepções em seus conteúdos conceituais. As atividades didáticas diversificadas foram aulas com debates, filme (universo), pesquisa de campo (universo) e em

laboratório. O filme e as aulas práticas resultaram em relatórios produzidos em dupla, visto que a discussão enriquece a compreensão dos conceitos, a aprendizagem significativa e a produção de possíveis invariantes operatórios explícitos. Segundo Moreira (2002), todas as atividades didáticas que promovam o debate são importantes para que os invariantes operatórios possam se tornar progressivamente, verdadeiros conceitos e teoremas científicos, pois o conhecimento explícito, ao contrário do implícito, pode ser comunicado a outros, discutido e modificado.

Todas estas tarefas (atividades didáticas diferenciadas) geraram situações-problema, diferentes daquelas utilizadas para identificar possíveis invariantes operatórios (Questão 1 e 2 - avaliativas), estas, desenvolvidas individualmente para identificar os possíveis invariantes de cada aluno. A questão-problema 1, indica os possíveis invariantes operatórios prévios dos alunos. A questão-problema 2, indica os possíveis invariantes operatórios depois que foram desenvolvidos as atividades didáticas, e as dificuldades encontradas pelos alunos para a compreensão dos conceitos científicos.

A questão-problema relacionada ao universo é composta de diferentes situações. Isto ocorreu devido à necessidade de problematizar diferentes conceitos de diferentes áreas do conhecimento (física, química e biologia) que compõem o campo conceitual do universo.

É utilizada a expressão “possíveis indicadores de invariantes operatórios” porque, para identificar os esquemas que o aluno constrói para resolver classes de situações (isto é, conceituar), são necessárias muitas situações, de uma determinada classe.

Campo Conceitual do Universo

Questão-problema 1 (identificação das concepções prévias)

- Explique a origem do universo, sistema solar, planeta terra.
- Os seres vivos sempre existiram no nosso planeta? Justifique sua resposta.

Questão-problema 2- O universo sempre existiu ou teve um início? Explique considerando que as galáxias estão se afastando uma das outras.

- A matéria que constitui o universo esteve da mesma forma que a conhecemos atualmente (seres vivos, planetas, nebulosas, galáxias, etc.) ou sofreu modificações? Justifique.

- Como explicar as modificações ambientais atuais? Elas também ocorreram a milhões de anos atrás? Os seres vivos acompanham estas mudanças?

- Os seres vivos sempre existiram? Fósseis de seres vivos de milhões de anos indicam que os seres vivos sempre foram iguais ou tem sofrido modificações? Justifique.

A questão-problema 2 foi reformulada para enfatizar situações que promovam a explicitação de invariantes operatórios relacionados à evolução do universo, à evolução da vida como consequência da evolução do universo e das condições ambientais do planeta, visto que, as respostas referentes aos conhecimentos prévios (relacionada à questão-problema 1) não explicitaram estes possíveis conceitos e teoremas-em-ação.

Campo Conceitual da Fotossíntese

Questão-problema 1 (identificação das concepções prévias)

- Como a célula heterotrófica (fermentativa) obtém energia para sobreviver no ambiente da Terra primitiva? Explique, indicando também os resultados deste processo metabólico.

Esta questão propõe a identificação dos conhecimentos relacionados à evolução da célula primitiva (coacervado) a partir de fenômenos físicos e químicos que resultaram nas moléculas orgânicas. O aluno deverá relacionar a constituição do ambiente aquático primitivo (principalmente em relação às moléculas orgânicas e coacervados dispersos) com a necessidade biológica de obter energia para sobreviver. Na situação proposta na questão-problema 1, o estudante irá conceituar fermentação (1º processo da célula para obter energia).

Questão-problema 2

- Como esta célula fermentativa sobreviverá em um ambiente com poucas moléculas orgânicas (m.o.), isto é, não poderá mais depender delas para obter a energia, provocando assim a sua evolução? Explique.

Esta questão propõe a continuidade cognitiva com os conhecimentos relacionados à fermentação, ao mencionar a sobrevivência da célula através da obtenção de energia das moléculas orgânicas, porém, “tensiona” à ruptura, ao propor um novo cenário no ambiente: a escassez das moléculas orgânicas, resultado da alimentação das células fermentativas, associada à ruptura molecular da água (pelas fontes de energia da atmosfera – calor, eletricidade e radiação). Ocorreu liberação de átomos de oxigênio para a atmosfera que originaram, ao longo de milhares de anos, a camada de ozônio. Esta camada atmosférica bloqueia a entrada de raios ultravioletas, que foram um dos responsáveis pela recombinação molecular dos gases da atmosfera primitiva que formaram as moléculas orgânicas. O aluno deverá propor um novo processo de obtenção de energia pelas células, pois as moléculas orgânicas no meio estão escassas. A solução deste problema é a produção das moléculas orgânicas pelas próprias células (fotossíntese).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O critério de escolha das repostas dos alunos referentes às situações-problema foi a representatividade destas (similaridade de invariantes operatórios) no total das repostas dos estudantes. Foi mantida a estrutura textual dos estudantes neste trabalho.

Campo Conceitual do Universo: Questão-problema 1

Resposta 1: “Origem do Universo, eu acho que foi Deus que criou tudo, e depois veio Adão e Eva...”

Resposta 2: “A origem do universo para mim foi a grande explosão, Big-Bang, e assim formou-se o sistema solar. Com pequenas partes da matéria, foi se formando o planeta....que ganhou forma e assim os continentes se juntaram-se. Em uma única célula a vida começou. O primeiro ser vivo da Terra era um bicho parecido com o girino, com apenas uma célula. Depois a terra ganhou vida com os peixes, dinossauros e outros animais daquela época.”

A maioria dos possíveis invariantes operatórios não contém a estrutura conceitual da evolução do universo. Na resposta 2, apesar de não estar explicitados invariantes com explicações místicas, o significado implícito de “ganhou vida” pode indicar um invariante implícito não científico. A incompreensão das formas iniciais de vida, a partir das condições da Terra primitiva, pode significar que o aluno não domina ainda estes conhecimentos, ou que esta visão mecânica do aparecimento da vida pode vir a representar um obstáculo epistemológico na aprendizagem dos conceitos científicos, relacionados à origem e evolução da vida. Vergnaud (2003) salienta que os conhecimentos anteriores podem se tornar obstáculos para os novos conhecimentos.

Na resposta 2, nota-se o conhecimento da evolução do planeta Terra com o possível invariante “o planeta Terra se formou e evoluiu a partir de partes de matéria.” Percebe-se que o sentido de evolução da vida, da forma simples à complexa, está presente nas duas respostas. Em ambas as respostas, não ocorrem o indicativo do invariante operatório da origem da vida, como continuidade da evolução do universo.

A resposta 1, com invariantes não científicos (místicos) indica uma simplicidade estrutural maior dos que a resposta 2, com invariantes explícitos científicos.

Campo Conceitual do Universo: Questão-problema 2

Resposta 1: “ Eu acredito que tudo que tem na Terra, no universo foi Deus que criou... acredito também que foi ele que fez surgir a vida...”

Resposta 2: “O universo surgiu depois de uma enorme explosão e a galáxia foi decorrente também da explosão que foi chamada de Big-Bang. O sistema solar é como um subsistema que tem dentro da galáxia e o planeta Terra é uma das esferas de enorme matéria. A vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como partículas de água e outros.”

Comparando os invariantes de conteúdo místico da resposta 1, da questão 1 (concepções prévias), com os invariantes de conteúdo místico da resposta 1, da questão 2 (novos conhecimentos), encontra-se uma similaridade na simplificação estrutural e conceitual dos conhecimentos-em-ação.

Nas respostas com invariantes com adequação científica (não místicos), a estrutura das respostas sugere uma diversidade e complexidade maior dos possíveis indicadores de invariantes operatórios, que aqueles identificados nas respostas relacionadas aos conhecimentos prévios. Já se encontra a ideia da evolução do universo em alguns conceitos e teoremas-em-ação. Este fato sugere que as intervenções didáticas, (com situações-problema diversificadas), concomitante com a reformulação da questão-problema, poderiam estar promovendo respostas diversificadas e adequadas cientificamente (que envolvam o conceito de evolução do universo). Existe um indicativo de construção de um esquema mental para resolver as diferentes situações problema propostas na questão 2, pois a ideia de evolução (da vida e do universo) são constantes nas respostas.

Campo Conceitual da Fotossíntese: Questão-problema 1

Resposta 1: “A célula precisa de m.o. para reagir junto com a radiação, o calor e a eletricidade e é importante para a liberação de energia que estava acumulada no interior da célula. Sem a m.o. não haverá liberação de energia nem evolução da célula fermentativa.”

Resposta 2: “As células se alimentaram das m.o. para obter energia mas as m.o. acabaram por que elas comeram todas. As bactérias começaram a comer as células já que não tinham mais m.o., já que as células produziam a sua própria m.o. e elas (as bactérias) precisavam disso.”

Na resposta 1, o conceito de “reação” é utilizado adequadamente ao sugerir a quebra de alguma molécula (o aluno não especifica qual) para liberar energia dentro da célula. Porém apresenta inadequações científicas. A ideia das reações químicas entre m.o., radiação, calor e eletricidade, no interior da célula para liberar energia é inviável biologicamente. Os três últimos itens por serem fontes de intensa e incontrolável energia na situação ambiental proposta, desestabilizam a célula e as m.o., causando destruição em curto ou longo prazo. Os sistemas biológicos toleram sua ocorrência (destes tipos de energias), desde que em pequenas quantidades e de maneira controlada (radiação natural do ambiente atual, calor produzido pelo metabolismo em seres

heterótrofos e calor do sol nos seres autotróficos, eletricidade produzida pelos impulsos nas células nervosas).

N resposta 2, o aluno compreende a cadeia alimentar autótrofo-heterótrofo-autótrofo, e propõe uma solução: heterótrofos (bactérias) alimentando-se de autótrofos (células que produzem novas m.o.). O aluno não compreendeu que a solução da situação proposta elaborada por ele “As bactérias começaram a comer as células... já que as células produziam a sua própria m.o. e as bactérias precisavam disso.” contém a explicação correta para a situação proposta: a escassez de m.o. no ambiente para ser utilizada como alimento. A resposta é adequada cientificamente, responde a situação-problema 1 e deixa dúvidas se responde a situação-problema 2. Para determinar se o aluno realmente construiu o invariante operatório do conceito de fotossíntese seria necessário propor outras situações-problema para esta classe de situação.

Campo Conceitual da Fotossíntese: Questão-problema 2

Resposta 1: “... as m.o. foram acabando e a célula teve que evoluir. Então a célula para sobreviver passou a produzir sua própria glicose, essa glicose era quebrada pelo ATP e produzia energia para a célula.”

Resposta 2: “Para sobreviver ela começa comendo as outras, depois como tudo isso não adianta, ela começa a se reproduzir e consegue sobreviver. Para sobreviver ela precisa da glicose fermentativa que ela já tem, então produz ATP e com ATP + glicose se forma 2ATP que com isso ela sobrevive.”

Na resposta 1, alguns conhecimentos que o aluno utiliza para explicar a solução metabólica da situação ambiental promotora de células fotossintéticas são retiradas de conhecimentos elaborados nas situações referentes aos conceitos de enzima e fermentação, como por exemplo “quebra da glicose pelo ATP (enzima) liberando energia para a célula. A célula autotrófica originada pressupõe a utilização do modelo de célula fermentativa, pois utiliza alguns aspectos do processo de fermentação, como por exemplo, a quebra da glicose pelo ATP para liberar energia. O aluno descreve a evolução da célula autotrófica em função da escassez de m.o. do meio. A resposta é adequada cientificamente e responde às situações-problema propostas.

Na resposta 2 indica que a situação-problema relativa à escassez de m.o., não foi interpretada pelo aluno como uma situação limite que provocaria uma “novidade” metabólica (fotossíntese). Pelo contrário, a “novidade” que o aluno propõe é o processo de reprodução. Ao mesmo tempo, é afirmado que a célula já possui glicose. Mas se não há mais síntese de m.o. no ambiente para a absorção das células heterótrofas, de onde vêm esta glicose? A afirmação de que a célula já apresenta glicose (para a reação fermentativa) pode indicar a existência de um conhecimento implícito de fotossíntese, pois a solução que o aluno propõe para a escassez de m.o., não é a possibilidade de produzir a sua m.o. (que seria e fotossíntese), mas a de se alimentar de células que começaram a reproduzir-se. A resposta é adequada cientificamente; responde à situação-problema 1 e talvez a 2. Deve-se então investigar se realmente o aluno conceituou a fotossíntese, propondo diferentes situações para que ele explicitasse este conhecimento implícito para torná-lo científico.

A questão-problema 1 relativa ao campo conceitual da fotossíntese, apesar de problematizar o conceito de fermentação, é identificada como uma situação potencial para “tensionar” o conceito de fotossíntese. Esta percepção só foi possível através do estudo dos invariantes operatórios elaborados pelos alunos. É percebido como os conceitos estão interligados na formação do campo conceitual de metabolismo celular. Os alunos utilizaram muitos invariantes “cruzados” (na situação 1 relativa à fermentação, utilizaram invariantes relativos à formação de m.o. e na situação 2 sobre a fotossíntese, utilizaram invariantes relativos à fermentação). Isto reforça a ideia que a aprendizagem significativa ocorre na relação entre os conceitos Novak (1981). O ensino de conceitos isolados pode impedir a aprendizagem dos próprios conceitos.

Este trabalho propõe-se a indicar possíveis invariantes operatórios nas respostas das situações propostas aos alunos do 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia. Para identificar efetivamente estes invariantes, seriam necessárias muitas situações e relações envolvendo cada conceito. Apesar de diagnosticar apenas o indicativo destes invariantes, algumas dificuldades para a compreensão significativa dos campos conceituais foram identificadas, como por exemplo, a evolução do universo. Segundo Vergnaud (1982) e Grings et. al. (2006), a compreensão significativa dos conceitos é um processo lento, onde os significados, interagindo com diferentes situações podem tornar-se conceitos científicos. A teoria dos campos conceituais leva em conta que o domínio de um campo conceitual (aprender e desenvolver competência para responder a

situações-problema), é progressivo e demorado. Considerando as características do campo conceitual do universo, este domínio envolve mais do que desenvolver os conceitos científicos em questão. Envolvem também crenças e sentimentos, resultado das experiências do cotidiano.

Estudos que relacionam a educação científica e religiosa indicam que há divergências de opiniões sobre o tema (Sepulveda e El- Hani, 2004). Mahner e Bunge (1996) afirmam que dados os conflitos doutrinários, metafísicas, metodológicas e atitudinais entre ciência e religião, a educação religiosa é incompatível com a educação científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conhecimentos prévios, situações-problema e as interações na sala de aula parecem ser o eixo principal desta teoria. Ambos dependem do aluno, pois, segundo Ausubel et. al.(1980) o ensino, para ser eficaz, depende daquilo que o estudante já sabe, e isto é o mais importante para a aprendizagem. Vergnaud (1990) saliente que as situações devem fazer sentido para o aluno, isto é, ele tem que apresentar elementos cognitivos que possibilitem a sua compreensão. No desenvolvimento deste trabalho, foi percebido um deslocamento no foco da sala de aula: do professor (como é esperado no ensino tradicional) para o aluno (como propõe a TCC). Para desenvolver situações-problema eficazes, o professor necessitou “escutar” os alunos e valorizar suas ideias, crenças, experiências e opiniões. Como por exemplo, nas situações sobre o universo. Foi identificado que as situações-problema devem enfatizar a explicação evolutiva dos fenômenos, e quando for uma situação-problema inicial, pode ser mais eficaz situar o cenário que se quer analisar, introduzindo alguns questionamentos para “provocar” uma tensão cognitiva no aluno. É importante que o professor compreenda que as respostas, em sua maioria, não serão corretas cientificamente, pois, segundo Vergnaud (1994) a aprendizagem é um processo difícil e lento. A possibilidade de “dar” a palavra ao aluno foi percebida como uma dificuldade, pois a pedagogia da narrativa está muito arraigada na mente da maioria dos professores. Segundo Moreira (2011, pag. 2), “... é o modelo clássico de ensino, consagrado e aceito sem questionamento por professores, alunos e pais e pela sociedade em geral...”. O professor ensina dizendo o que os estudantes

devem aprender. O professor ao utilizar esta metodologia, desconsidera os conhecimentos prévios, as situações-problema e as interações na sala de aula, eixos fundamentais da TCC.

Por outro lado, o professor também irá exercer um papel importante na TCC. É ele que irá desenvolver as situações problemáticas. Estas situações não somente devem considerar os conhecimentos prévios como também os novos conhecimentos. Para isto, o professor deverá compreender a estrutura dos conceitos prévios e dos conhecimentos que ele quer ensinar (invariantes operatórios). Sem estas informações ele não poderá propor situações que provoquem, ao mesmo tempo, as rupturas e continuidades cognitivas necessárias para a aprendizagem dos conceitos. Neste trabalho, percebeu-se a necessidade de elaborar situações-problema em um crescente de complexidade. Segundo Vergnaud (1998), o desenvolvimento cognitivo ocorre no domínio de distintas situações cada vez mais complexas. Por exemplo, o campo conceitual da fotossíntese envolve muitos conceitos interligados. Para que o aluno conceitue o mais próximo possível dos conhecimentos científicos são necessárias muitas situações. E ao resolver diferentes situações ele forma esquemas, como por exemplo, o esquema mental da evolução (como indica as respostas do campo conceitual do universo). O esquema mental da evolução, desenvolvido a partir das conceituações da origem do universo e da vida são importantes para que o estudante compreenda os processos de organização da matéria, processos estes cada vez mais complexos (como é o caso da fotossíntese).

Os “conceitos” também apresentam um sentido diferente daquele da pedagogia tradicional. São funcionais, relacionados aos conhecimentos dos alunos. Isto é, estes darão sentido aos conceitos ao resolver as situações problemáticas. O conceito, ora estático, imutável e desconectado da cultura do aluno (como se apresenta no ensino tradicional), na TCC assume uma característica dialética e contextual, promovida pela situação-problema.

Este trabalho indica implicações da TCC em situação de ensino, tanto para alunos como para professores, no desenvolvimento da aprendizagem significativa através das conceituações, no campo de conhecimento da biologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana. 1980.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BONZANINI, T. K. e BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de Biologia Média. In R. NARDI (Org.), **Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, p. 79-93, 2004.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. 2006. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471.

MAHNER, M e BUNGE, M. Is religious education compatible with science education? **Science & Education**, Pennsylvania, v. 5, n. 2, p. 91-99, 1996.

MOREIRA, M. A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área**. Porto Alegre: Faculdade de Física, UFRGS, 2002.

MOREIRA, M. A. e OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas: Textos de apoio ao professor de Física**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

SEPÚLVEDA, C. e EL-HANI, C. N. Quando visões de mundo de encontram: religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em ciências biológica. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 137-175, 2004.

SOUZA, S. C. e ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura nas ciências do ensino fundamental: a Fotossíntese em textos originais de cientistas. **Proposições**, n. 50, 2001.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In CARPENTER, T. MOSER, J. E ROMBERG, T. **Addition and subtraction. A cognitive perspective** (p. 39-59). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1982.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches em Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133 – 170, 1990.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**, Porto Alegre, n. 4, p. 9-19. 1996.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 67 – 181, 1998.

VERGNAUD, G. A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org) **Por que ainda há quem não aprende?** Ed. Vozes, RJ: Petrópolis, 2003.

**10 2 5 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS E A FORMAÇÃO INICIAL
DE PROFESSORES ATRAVÉS DO PIBID: ALGUNS RESULTADOS
RELACIONADOS À CONCEITUAÇÃO DE EPISTEMOLOGIA**

*THE THEORY OF CONCEPTUAL FIELDS AND THE INITIAL TRAINING OF
TEACHERS THROUGH THE PIBID: SOME RESULTS RELATED TO THE
CONCEPTUALIZATION OF EPISTEMOLOGY*

Karen Cavalcanti Tauceda⁶⁷

José Cláudio Del Pino⁶⁸

INTRODUÇÃO

As dificuldades de aprendizagem identificadas nos estudantes do ensino básico no Brasil são motivo de discussões no meio acadêmico e governamental. No meio acadêmico, Santos e Santana (2009) afirmam que as Instituições de Ensino Superior (IES), que tem sugerido a articulação dos cursos de formação, com a realidade da escola básica, redirecionando a formação centrada na universidade para a experiência e reflexão docente na escola. No meio governamental, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) vem ao encontro da realidade identificada no cotidiano e pelas pesquisas acadêmicas: a necessidade da aproximação escola/ensino superior. Segundo BRASIL (2013), este programa incentiva a carreira do magistério,

⁶⁷ Mestre em Biologia Animal e Educação em Ciências – UFRGS. Doutoranda do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS. Professora de Biologia do Colégio Estadual Júlio de Castilhos. SEC/RS. CEP: 90020005 – Porto Alegre – Rio Grande do Sul – Brasil. ktauceda@terra.com.br.

⁶⁸ Pós-Doutor em Ensino de Química. Professor do Instituto de Química e do PPG em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, RS, Brasil. delpinojc@yahoo.com.br.

proporcionando bolsas de iniciação a graduandos de cursos de licenciatura presenciais, para estágio em escolas públicas, com Ideb, abaixo da média nacional.

Segundo Schön (1992), as teorias atuais sobre a formação de professores, propõem a concepção do professor reflexivo, onde o conhecimento profissional está na ação, pois a complexidade do ambiente da sala de aula é caracterizada por incertezas, instabilidades, singularidades e permeado por conflitos de valores, que requerem decisões do professor.

O PIBID do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) /Campus Porto Alegre, curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, desenvolve o subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”. O objetivo é a organização de espaços experimentais, através da valorização do ambiente da escola no processo da formação docente, proporcionando a interação teoria-prática, na discussão e reflexão com todos os sujeitos envolvidos nestas atividades: graduandos, professores supervisores, alunos e comunidade escolar.

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gérard Vergnaud é utilizada como referencial teórico nesta pesquisa, pela sua potencialidade de investigar a aprendizagem no momento em que ela está ocorrendo, isto é, no caso dos futuros professores do PIBID participantes desta pesquisa, através da reflexão da ação na sala de aula. A TCC é uma teoria psicológica de aprendizagem que pode contribuir significativamente na formação “reflexiva antes e após a ação”. Isto porque o âmago desta teoria está à construção do conhecimento do sujeito a partir dos conhecimentos em ação, no momento em que ele está resolvendo situações problemáticas significativas, ao mesmo tempo estas situações irão “tencionar” a interação com os novos conhecimentos: reflexão sobre e na ação. É uma teoria interacionista (pós-construtivista) da aprendizagem. O professor é agente ativo, pois ele irá propor as situações significativas para os alunos resolverem e articular situações para o debate dos conhecimentos. Só se reflete “na ação e sobre a ação”, a partir das interações produzidas na sala de aula.

Segundo Vergnaud (1990), um campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio exige uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas entrelaçados durante o processo de aquisição. Portanto, o sujeito se desenvolve cognitivamente ao resolver estas situações e ao resolvê-las, ele conceitua. Vergnaud (1993) considera que um conceito é constituído por um conjunto de situações

que lhe darão sentido; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teorema-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, situações e procedimentos. Um esquema é uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. As situações devem ser potencialmente significativas, o aluno deverá possuir conhecimentos prévios adequados para dar sentido a elas e progressivamente, elaborar e enriquecer seus conceitos subsunçores, isto é, conceituar (Ausubel, 2000).

Neste trabalho é investigada a aprendizagem do campo conceitual “epistemologia”. A aprendizagem é analisada através da resolução de situações-problema na identificação de possíveis invariantes operatórios, também é avaliada a potencialidade destas situações na promoção destes conhecimentos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto de 2012 a abril de 2013 com graduandos do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Curso de Licenciatura em Ciências Naturais: Química e Biologia participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) que realizam suas atividades no Colégio Estadual Júlio de Castilhos (CEJC) em Porto Alegre, RS.

O grupo participa do subprojeto “Vivências Docentes Compartilhadas”, cujo objetivo é a organização dos espaços experimentais nas escolas, através da produção de propostas de ensino: relatos para serem discutidos na escola e em eventos científicos, protocolos e kits para aulas experimentais. Estes graduandos (12 alunos, com idade de 20 a 30 anos) desenvolvem atividades no CEJC desde 2011, e frequentam o 5º e 6º semestre (de um total de oito semestres) do curso de licenciatura. Formam dois grupos: um direcionado ao ensino de química (cinco alunos), que atuam nas aulas do professor de química e supervisor do PIBID, e outro grupo relacionado ao ensino de biologia (sete alunos), atuantes nas aulas de três professores de biologia, sendo um supervisor do PIBID. O grupo relacionado ao ensino de biologia (G1) foi o foco do estudo, que foi

desenvolvido por outro professor supervisor do PIBID e doutorando do PPG Educação em Ciências da UFRGS, cujas aulas não apresentam a participação presencial destes alunos.

Os graduandos desenvolveram suas atividades (propostas de ensino) em turmas de 1º ano do ensino médio no turno da noite, com alunos na faixa etária de aproximadamente 17 a 22 anos, cuja metodologia das reuniões, com os supervisores do PIBID, foi a TCC.

A metodologia da TCC propõe a resolução de situações-problema significativas, e também a mediação do professor para o domínio destas situações por parte do aluno. Foram elaboradas e aplicadas situações-problema teóricas, que foram discutidas nas reuniões e propostas situações-problema avaliativas (1 e 2) para identificar as concepções prévias relacionadas ao campo conceitual de epistemologia e a evolução desta aprendizagem.

As reuniões tinham como objetivo a discussão das propostas de ensino, isto é, os protocolos experimentais e a reflexão sobre as interações na sala de aula antes e depois da aplicação do protocolo, enfatizando o “processo” na produção dos “produtos” relacionados ao objetivo do subprojeto do PIBID na escola. Estas discussões foram organizadas em situações-problema teóricas, com o objetivo de explicitar as concepções prévias. Estas concepções foram utilizadas para reformular as situações-problema teóricas e as situações avaliativas. A periodicidade das reuniões de G1 foi mensal ou quinzenal com uma a duas horas de duração aproximadamente.

Investigou-se a aprendizagem no campo conceitual da “epistemologia” através da análise da proposta de ensino produzida por estes alunos, para a aprendizagem dos estudantes da escola (protocolos para aula experimental) e para o debate na escola e divulgação (textos para apresentar em eventos científicos). Estas propostas foram produzidas com o objetivo de responder as situações-problemáticas avaliativas, onde é enfatizado o conhecimento em ação (teorema-em-ação), isto é, a teoria que os graduandos trazem de seus cursos de licenciatura, efetivamente compreendidas e assimiladas em suas estruturas cognitivas, acionadas pelas situações.

a) Situação-problema 1: propõe-se a investigar as concepções prévias dos graduandos relacionadas ao conceito de epistemologia através da elaboração de um protocolo de

aula experimental que deverá ser entregue aos estudantes da escola antes da atividade experimental; este protocolo relaciona-se à aprendizagem do conceito “metodologia científica”. Deve conter os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões relacionadas aos conceitos científicos que cada grupo se propôs desenvolver junto aos alunos da escola.

b) Situação-problema 2: relaciona-se a escrita de um relato, onde propõe-se a reflexão das seguintes questões: qual a importância para a aprendizagem em biologia da compreensão destes conceitos; quais as dificuldades e facilidades para a elaboração do protocolo; como ocorreu a aplicação na sala de aula; quais os resultados de aprendizagem; quais as propostas de modificações deste protocolo.

A seguir, a situação-problema 1 avaliativa:

- Desenvolver um protocolo para aula experimental relacionado à aprendizagem relacionada à metodologia científica, onde deverão constar os objetivos, metodologia, e perguntas relacionadas ao resultado e conclusões que direcionem para a aprendizagem deste conceito.

A situação-problema 2 avaliativa:

- Escrever um relato onde é proposta a reflexão das seguintes questões: qual a importância para a aprendizagem em biologia da compreensão destes conceitos; quais os objetivos do protocolo e qual a metodologia para alcançá-los; como ocorreu a aplicação na sala de aula; quais os resultados de aprendizagem; quais as propostas de modificações deste protocolo.

RESULTADOS

Abaixo a resolução da situação-problema 1 e a seguir os invariantes operatórios. Na resolução da situação-problema 1, os conhecimentos em ação (prévios)

dos graduandos estão melhor explicitados na proposta dos itens “resultados” e “conclusões”, portanto os itens “objetivos” e “metodologia” não foram transcritos:

Protocolo para aula experimental: Estudando as etapas do método científico

Item “Resultados”:

- 1) Anote suas observações. 2) Formule um problema, com base em suas observações.
- 3) Elabore uma hipótese que possa explicar o que foi observado.
- 4) Teste sua hipótese: Coloque porções iguais de algodão frouxo em duas placas separadas. Faça com que ambas as porções peguem fogo ao mesmo tempo. Logo que começar a queimar, coloca sobre uma das porções que está queimando, um copo de béquér emborcado. Repita o mesmo procedimento com porções de algodão apertado.
- 5) O que você observou nos dois experimentos anteriores?

Item “Conclusões”:

- 6) Com base nas experiências e observações, elabore conclusões que provem se sua hipótese é falsa ou verdadeira: As experiências realizadas apresentaram um fenômeno? Justifique sua resposta.

Possíveis indicadores de invariantes operatórios: “A formulação de uma hipótese para resolver um problema ocorre a partir da observação dos resultados do experimento. ”; “As conclusões do experimento serão resultado do teste de hipóteses. ”; “Pode-se concluir o que é um fenômeno natural a partir das observações e resultados deste experimento realizado na sala de aula. ”.

Segue alguns trechos dos relatos para eventos científicos, produzidos na resolução da situação-problema 2, identificados como possíveis indicadores de invariantes operatórios. São destacados os invariantes que apresentam alguma relação com a estrutura conceitual de “epistemologia”:

“... estes estudantes não percebem os acontecimentos desses fenômenos que os rodeiam por não

terem no seu dia a dia a oportunidade de participarem de aulas, cuja proposta é visualizarem as imagens do acontecido para refletirem sobre o que veem. ”; “Os efeitos foram percebidos através de respostas inéditas e criativas para resolver problemas, que surgiram após as observações”.

DISCUSSÃO

A importância para o futuro professor da compreensão do conceito “epistemologia”, é que este conhecimento, diz respeito a sua prática na sala de aula, tanto em relação à produção de conhecimentos para materiais didáticos como para a interação de conhecimentos de ensino junto aos alunos. Se o professor não compreender como ocorre a construção do conhecimento científico, ele terá dificuldades na transposição didática dos conhecimentos da academia (conceitos científicos) para a sala de aula. Esta compreensão é um dos elementos para uma docência que se diferencie da tradicional. Se o professor possuir uma concepção de ciência como produtora de “verdades” inquestionáveis, ele terá provavelmente uma atitude passiva frente ao conhecimento que ele deverá ensinar. Será um professor adepto à metodologia de transmissão de conteúdos, narrativo. Segundo Moreira (2011), este é o método mais utilizado em nossas escolas. Esta interpretação também nos remete a uma prática pedagógica empirista, onde o aluno é direcionado pelo professor para o conhecimento que ele deve saber (DON FINKEL, 2008). Nesta concepção, os alunos não apresentam conhecimentos prévios que devem ser consideradas para elaborar os novos conhecimentos.

Analisando os invariantes produzidos na resolução da situação-problema 2 “... visualizarem as imagens do acontecido para refletirem sobre o que veem. ”, este invariante indica alguma compreensão sobre o conhecimento ser produzido através da reflexão da experimentação a partir dos conhecimentos prévios. Porém, o protocolo produzido na situação 1, não indica esta compreensão, pois a maioria dos invariantes operatórios, se relacionam ou com o conceito pronto (fenômeno), ou com a observação deste fenômeno, “Elabore uma hipótese que possa explicar o que foi observado. ”,

sendo que não foram produzidos invariantes que indicassem uma proposta para a reflexão dos conhecimentos prévios dos alunos da turma da escola. Já no invariante “... respostas inéditas e criativas para resolver problemas, que surgiram após as observações. ”, mostra uma concepção empirista de produção de conhecimento, repetindo as conclusões da análise dos invariantes produzidos para os protocolos em G1.

As situações-problema 1 e 2 não promoveram a conceituação cientificamente adequada de “epistemologia” no grupo 1, tampouco no grupo 2, embora neste grupo, foi identificado um invariante operatório indicativo da correta conceituação: “As conclusões do experimento serão resultado do teste de hipóteses. ” Isto não é suficiente para percebermos a aprendizagem do conceito de epistemologia em G2. Seriam necessárias numerosas e diferentes situações para que se identifique a formação de um esquema mental relacionado a este conhecimento. Para Vergnaud (1993) o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio ocorre ao longo de um largo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Diferentemente da pesquisa que foi desenvolvida por Krey e Moreira (2009) com alunos de Licenciatura em Física, onde foram utilizadas metodologias diferenciadas (tradicional e TCC), o presente estudo não indicou melhoria de aprendizagem para o conceito “epistemologia”, apesar da ocorrência em G2 de um invariante operatório correto cientificamente, citado acima.

O conceito de epistemologia é um campo conceitual que, segundo Vergnaud (1990), requer o domínio de diferentes conceitos na resolução de várias situações. Segundo este autor (1996), o processo da conceituação é resultado das primeiras resoluções de situações-problemáticas ou da tentativa de resolvê-las. Principalmente em G1, pela formatação das reuniões, tornou-se difícil considerar os invariantes produzidos na resolução das situações, na elaboração das novas situações. Segundo Ausubel (2000) e Vergnaud (1990) o aluno só aprende a partir daquilo que ele já sabe.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por que a metodologia diferenciada da TCC não se mostrou eficaz na promoção da aprendizagem do conceito “epistemologia”? Em primeiro lugar, o tempo

que foi dedicado a esta metodologia diferenciada foi curto. O conceito de epistemologia, na realidade é o campo conceitual de epistemologia. Fazem parte deste conhecimento muitos esquemas, conceitos, problemas, situações, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, entrelaçados durante o processo de aquisição (VERGNAUD, 1990). Em segundo lugar, a pedagogia aplicada nas escolas é geralmente tradicional, onde não ocorrem aulas experimentais e o ensino é centrado na narrativa do professor, que traz os conhecimentos prontos sem conexão com os conhecimentos dos alunos, do cotidiano. Os alunos graduandos do IFRS/PIBID também foram ensinados na escola a desconectarem a teoria da prática. Para pensar de outro jeito, teoria/prática, conhecimentos prévio/científicos, reflexão antes e depois da ação, é necessária outra abordagem na formação de professores através do PIBID. A TCC pode ser uma metodologia adequada, pois propõe o estudo do desenvolvimento do conhecimento a partir da estrutura conceitual prévia e da nova, na resolução de situações-problemáticas. Outro aspecto que dificultou a aplicação da metodologia diferenciada foi à desmotivação por parte dos graduandos para mudar a dinâmica das reuniões. Como eles já estavam “acostumados” com reuniões onde poucos participavam e esta participação não era baseada na resolução de situações-problema (reflexão a partir de suas concepções prévias), “a pedagógica tradicional” realizada pelos graduandos tornou-se difícil de ser questionada.

Segundo Marandino (2003) o PIBID propõe articular teoria-prática na ação-reflexão-ação dos processos formativos do professor-pesquisador. Mas como fazer esta articulação? Esta articulação ocorre somente através da participação do cotidiano das aulas e escola e de produção de textos para eventos? Parece que não. Como indicou este estudo, uma proposta metodológica para articular teoria acadêmica e prática docente através da ação-reflexão-ação pode ser a TCC, pois ela enfatiza a produção do conhecimento através da ação deste conhecimento nas situações-problemáticas. É o conhecimento na prática.

Agradecimentos e apoios:

Colégio Estadual Júlio de Castilhos; IFRS/Porto Alegre; CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).** Disponível em: <http://www.portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article> Acesso em: 20 de abril de 2013.

FINKEL, D. **Dar Clase de Boca Cerrada.** Valencia: Publicaciones de la Universitat València, 2008.

KREY, I.; MOREIRA, M. A. Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de estrutura da Matéria do currículo de licenciatura de ciências através de situações-problema. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v.3, n.3, p. 595-605, 2009

MARANDINO, M. A. Prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em ensino de ciências: questões atuais. **Cad.Bras.Ens.Fís.** v.20, n.2, p.168-193, 2003.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC – Ensino, Saúde e Ambiente.** v.4, n.1, p. 2-17, 2011.

SANTOS, F. J. S. S.; SANTANA, M. S. S. A pesquisa na iniciação à docência: um estudo sobre o PIBID na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. In: **Anais de resumos do II Congresso de pesquisadores do Recôncavo Sul**, p.35, 2009.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: Nóvoa (Org) **Os professores e a sua formação.** Lisboa: Dom Quixote, 1992.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v.10, n.23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: NASSER, L. (Org.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática**. Rio de Janeiro, p. 1-26, 1993.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. **Revista do GEMPA**. Porto Alegre, n.4, p. 9-19, 1996