

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

GUILHERME LUIZ SCHEFFLER

**A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O ENSINO DE
RADIOATIVIDADE**

Porto Alegre, 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

GUILHERME LUIZ SCHEFFLER

**A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD E O ENSINO DE
RADIOATIVIDADE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado junto à atividade de ensino “Seminários de Estágio” do curso de Química, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Química.

Prof. Dr. José Cláudio Del Pino

Orientador

Porto Alegre, 2011.

“Todos perdem quando a pesquisa não é colocada em prática”.

Gérard Vergnaud

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS	11
2.1 JUSTIFICATIVAS PARA DEFINIÇÃO DE CAMPO CONCEITUAL.....	11
2.2 OS TRÊS CONJUNTOS DO CONCEITO PARA VERGNAUD.....	12
2.3 ESQUEMAS.....	13
2.4 INVARIANTES OPERATÓRIOS E REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS	13
2.5 RELAÇÕES ENTRE AS TEORIAS DE VERGNAUD, PIAGET, VYGOTSKY E AUSUBEL	14
3 PROPOSTA METODOLÓGICA DE INVESTIGAÇÃO	18
3.1 PLANEJAMENTO DO CAMPO DE CONCEITOS	19
3.2 MOMENTOS DE VERIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS	19
3.3 CRONOGRAMA DAS AULAS	21
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 QUESTIONÁRIO INICIAL (MOMENTO 1).....	23
4.2 QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO (MOMENTO 2)	24
4.3 QUESTIONÁRIO FINAL (MOMENTO 3)	28
4.4 EVOLUÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS	31
5 CONCLUSÕES	34
6 REFERÊNCIAS.....	35
APÊNDICE 1	37
APÊNDICE 2.....	38
APÊNDICE 3.....	39

RESUMO

Este trabalho consiste na utilização da teoria dos campos conceituais de Vergnaud como referencial teórico para as aulas de química. O principal objetivo foi avaliar as contribuições do uso desta teoria no ensino de radioatividade. Para isso inicialmente foi elaborado um mapa conceitual para elencar os conceitos a serem abordados, em seguida, esses conceitos foram distribuídos em uma sequência didática. Em três momentos a evolução conceitual dos estudantes foi analisada. O trabalho foi realizado em uma turma de um curso técnico em radiologia, na disciplina de química aplicada. Esta disciplina está elencada no segundo semestre do curso e é considerada essencial para aplicação dos conceitos químicos nas disciplinas técnicas e posteriores do curso. Com o uso deste referencial foi possível identificar possíveis invariantes operatórios e traçar a evolução conceitual de alguns alunos confirmando as proposições de mudança de perfil conceitual.

Palavras-chave: radioatividade, Teoria dos Campos Conceituais, Vergnaud, evolução conceitual.

ABSTRACT

VERGNAUD'S CONCEPTUAL FIELDS THEORY AND RADIOACTIVITY TEACHING

This work deals with the use of Vergnaud's conceptual fields theory as a framework in chemistry classes. The main purpose was to evaluate the contributions of this theory in the radioactivity teaching. First of all, a conceptual map was created pointing out the main concepts to be approached. Sequentially, the main concepts were distributed in a didactic order. The student's conceptual evolution was analyzed in three moments. This research was effectuated in a group of students coursing a technician level class in the radiology area, in the applied chemistry subject. This subject belongs to the second semester of the technician course and is considered essential to put in practice chemistry concepts in the next technical disciplines. The results showed the feasibility to identify operational invariants using this framework and to draw a conceptual evolution for some students corroborating with the conceptual profile change model.

Keywords: radioactivity, Vergnaud's conceptual fields theory, Vergnaud, conceptual evolution.

1 INTRODUÇÃO

O estudo dos processos cognitivos relacionados à aprendizagem representa uma questão pedagógica essencial, sendo o foco de diversas teorias já desenvolvidas no campo da didática. Dentre elas é possível relacionar a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, uma das propostas dessa teoria é a reflexão das condições¹ de aprendizagem conceitual, de forma que essa se torne mais acessível e facilite à compreensão do aluno. A construção de conceitos científicos por parte do aluno representa um obstáculo epistemológico e didático, uma vez que esses conceitos possuem significados diferentes para o aluno e dentro de contextos formais durante a evolução histórica.

Entre os obstáculos mais importantes a serem considerados na aprendizagem destaca-se as concepções alternativas². Durante os anos 70, inúmeras pesquisas foram realizadas na área de ensino com a principal finalidade de mapear as ideias dos alunos em relação a diversos conteúdos. Observando que essas ideias não eram concordantes com os conceitos científicos, denominaram-nas de concepções alternativas³. Após esse mapeamento, nos anos 80, as pesquisas se voltam para a transformação ou eliminação destas concepções, a fim de torná-las coerentes com as concepções científicas. Com isso surgem discussões sobre os processos de mudança conceitual⁴ e identificação das condições de ensino e aprendizagem que fazem com que o indivíduo substitua de forma voluntária as concepções alternativas por concepções científicas⁵.

Em uma etapa seguinte algumas análises críticas das teorias construtivistas surgiram principalmente pelas restrições desta proposta. Mortimer (2000) discute que as estratégias de mudança conceitual são pouco eficientes, uma vez que os alunos não abandonam suas concepções anteriores quando constroem novas. Ele

¹Estudo dos comportamentos evocados no sujeito quando deparado a diferentes situações de forma a elucidar as conceitualizações construídas por eles.

²Concepções diferentes das científicas e adquiridas antes da aprendizagem formal da ciência, estas são construídas pelos sujeitos e são resistentes a mudança (Osborne & Wittrock, 1985).

³Também denominadas de concepções ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum.

⁴Entenda-se por mudança conceitual a substituição das concepções alternativas por concepções científicas.

⁵Para exemplificar cita-se: Posner et al.(1982), Hewson & Thorley (1989), Pintrich et al. (1993), Vosniadou (1994), Venville & Treagust (1998).

sugere que ocorre uma mudança de perfil conceitual⁶. Nesta mesma linha Solomon (1994) afirma que os conhecimentos científicos e cotidianos precisam coexistir na mente dos alunos. Solomon também argumenta que o construtivismo não explica adequadamente a aprendizagem de conceitos totalmente novos para o indivíduo. Cachapuz et al. (2000) criticam a ênfase excessiva da aprendizagem de conceitos científicos na mudança conceitual e afirma que essa mudança desvaloriza algumas finalidades educacionais e culturalmente relevantes. Moreira & Greca (2003) afirmam que considerando a teoria de Ausubel, os significados internalizados não substituem os conceitos subsunçores existentes, mas sim são incorporados a eles modificando-os. De forma adicional Matthews (2000) também critica o discurso construtivista que tem a finalidade apenas de afirmar “o conhecimento não pode ser transmitido”, além disso, Laburú & Carvalho (2001) também criticam que o aprendiz “deve alcançar o conhecimento de maneira independente, chegando à conclusão sempre e exclusivamente por si próprio”. Outro argumento indicado por Mortimer (2000) e Gil Pérez et al. (1999) referem-se à desconsideração de aspectos afetivos na aprendizagem, pois com as estratégias de conflito cognitivo geralmente gera-se insegurança, inibição e rejeição entre os alunos.

Estas concepções representam um problema⁷ para educadores, estudantes e pesquisadores da área de ensino de ciências com sérias implicações no currículo. A fonte destas concepções alternativas já está descrita extensivamente na literatura e uma classificação interessante (Committee on Undergraduate Science Education, 1997) é apresentada pela categorização em cinco grupos: noções pré-concebidas (que possuem origem popular nas experiências diárias), crenças não-científicas (adquiridas pela religião ou misticismo e não de forma científica), desentendimento conceitual (gerado quando os estudantes não são ensinados de forma desafiadora com os conceitos científicos, desta forma, não resultando em paradoxos entre os conceitos científicos e as crenças ou noções pré-estabelecidas), desentendimento vernáculo (obtido pelo uso de uma mesma palavra que possui definições diferentes no contexto científico e diário) e os desentendimentos factuais (representados pelos

⁶Um perfil conceitual é um conjunto heterogêneo que reúne simultaneamente diferentes versões para um mesmo conceito.

⁷Representam um problema, pois para a mudança conceitual é necessário o conflito cognitivo de forma que o estudante prefira as concepções científicas e perceba a falha de suas concepções alternativas em explicação de situações propostas pelo professor. Vale destacar que as situações devem ser selecionadas para que efetuem o conflito e promovam mudança, isso é difícil levando-se em conta as experiências individuais de cada aluno.

falsos conceitos adquiridos quando criança e que se tornam inalterados até a idade adulta). Constituem ainda fontes de concepções alternativas os materiais impressos e livros texto utilizados no ensino, além disso, os professores também representam uma fonte quando são inexatos em sala de aula (Nakiboğlu & Tekin, 2006).

De forma geral é possível afirmar que a área de estudo da educação química descreve e investiga de forma extensa⁸ algumas concepções alternativas dos estudantes relacionadas aos seguintes conteúdos: estrutura atômica, estrutura da matéria, ligação química, mudança de estado físico, misturas, transformações químicas e físicas, conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico, estequiometria e eletroquímica. Dessa forma percebe-se que a química nuclear e a radioatividade possuem uma limitação (de trabalhos, provavelmente por desinteresse didático) já observada e descrita na literatura (Nakiboğlu & Tekin, 2006). Entre os motivos apontados para este desinteresse estão: o baixo conhecimento dos professores para abordar esses conceitos, decisões curriculares pela menor importância deste conteúdo para os alunos, pouca ênfase empregada pelos autores de livros texto e localização final destes conceitos no livro didático (Atwood & Sheline, 1989). Ainda descreve-se que para o ensino de química nuclear é necessário o entendimento de outros conceitos (átomo, elemento, isótopo, nuclídeo, número atômico, massa atômica, próton, nêutron, núcleon) como pré-requisitos (Nakiboğlu & Tekin, 2006) resultando em uma dificuldade de trabalho, pois este conteúdo fica em um segundo plano (isso é concordante com o breve número de trabalhos nos periódicos de ensino em ciências considerando a química nuclear, consultados para realização desta pesquisa).

Os motivos expostos acima são discordantes quando se considera a presença deste conteúdo no cotidiano. Isso porque já é relatado (Atwood & Sheline, 1989) que os estudantes possuem contato com os temas ou fenômenos nucleares descritos em jornais (lixo nuclear e disposição, radônio, fenômenos estelares, armas nucleares) e, além disso, os mesmos citam os inúmeros benefícios da química nuclear nas áreas médica, eletrônica, geológica, arqueológica e industrial (Atwood & Sheline, 1989). Outra mostra da presença destes temas no cotidiano está também descrita (Xavier et al., 2007) considerando o quadro brasileiro. Aspectos históricos e

⁸Isso pode ser verificado por uma breve consulta aos principais periódicos da área de ensino em ciências. Ou ainda na síntese apresentada por Vanessa Kind (anteriormente Vanessa Barker, 2004).

de aplicação estão também extensivamente relatados (Araújo, 2005; Merçon & Quadrat, 2004; Chassot, 1995).

Outra contribuição vem de Vergnaud que propõe um modelo mais elaborado ao tentar explicar o desenvolvimento cognitivo através da formação de campos conceituais. A teoria dos campos conceituais foi elaborada por Vergnaud, quando trabalhava no ensino de matemática. Gérard Vergnaud é diretor de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa Científica da França. Foi aluno de doutorado de Piaget e sua teoria ampliou e redirecionou o foco piagetiano das operações lógicas gerais do pensamento, para o estudo do funcionamento cognitivo do “sujeito-em-ação”. Para Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo depende de situações e conceitualizações específicas e necessárias, sendo isso mais eficiente do que a teoria lógica geral de Piaget (Moreira, 2002). A teoria dos campos conceituais foi desenvolvida não somente para ser aplicada em Educação Matemática, embora tenha sido criada avaliando as estruturas multiplicativas e aditivas (Vergnaud, 1983, *apud* Moreira, 2002), mas em qualquer área que seja necessária a aprendizagem de conceitos, como exemplo Vergnaud cita a Biologia (Vergnaud, 1996). Contrariamente, têm sido pouco explorada em Química e têm-se estendido a alguns estudos da Física. Para compreensão da teoria dos campos conceituais é necessário o entendimento de alguns pontos-chave sendo eles: o próprio conceito de campo conceitual, o conceito de esquema, situação, invariante operatório e representação simbólica. Estes pontos serão apresentados e definidos adiante no texto.

Assim tendo em vista da possibilidade de realizar o estágio docente em um curso técnico em radiologia, onde são abordados conceitos acerca de química nuclear/radioatividade e levando-se em conta a importância destes conceitos para estes sujeitos nas disciplinas técnicas do curso, fez-se uso da teoria dos campos conceituais de Vergnaud como referencial para a organização didática das aulas de química. Dessa forma, elencar os benefícios do uso desta teoria no ensino de radioatividade/química nuclear é um dos objetivos deste trabalho, pois além de auxiliar no planejamento didático, ela pode também orientar atividades em sala de aula.

2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Entender como o sujeito aprende pode orientar e determinar a eficiência ou não de uma prática pedagógica, para tal se reveste de importância a utilização da teoria dos campos conceituais. Nessa perspectiva teórica, Vergnaud propõe estudar o sujeito em situação de aprendizagem de determinado conhecimento. Nesta teoria o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio por parte do aprendiz vai acontecendo ao longo de um extenso período de tempo, por meio da experiência, maturidade e aprendizagem (Moreira, 2002). Para Vergnaud campo conceitual é definido como:

“um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (Vergnaud, 1998).

A definição acima é mais abrangente em comparação a outras propostas de definição apresentadas por Vergnaud, como por exemplo: “um conjunto de problemas e situações cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados”. Ou “um conjunto de situações cujo domínio requer, por sua vez, o domínio de vários conceitos de naturezas distintas”. A seguir descrevem-se as justificativas que levaram Vergnaud a esta definição de campo conceitual.

2.1 Justificativas para definição de Campo Conceitual

Vergnaud apresenta três justificativas para se utilizar a teoria dos campos conceituais na aquisição do conhecimento, estes argumentos/justificativas levaram à definição de campo conceitual (Vergnaud, 1983 *apud* Moreira 2002) previamente exposta:

(1) *Um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação*, o que sugere a necessidade de se diversificarem as atividades de ensino em um movimento que permita ao sujeito a aplicação de um dado conceito em diversas situações e que faça a integração entre as partes e o todo. A necessidade de diversificação de

situações cumpre um papel importante na conceitualização, pois fornece uma base para que os estudantes possam testar seus modelos explicativos em contextos diversos, enriquecendo tais modelos ou reformulando-os (Vosniadou, 1994).

(2) *Uma situação não se analisa com um só conceito*, o que implica na necessidade de uma visão integradora do conhecimento. Atividades didáticas que permitam uma visão generalizante do conhecimento podem contribuir para uma melhor apropriação do mesmo por parte dos estudantes.

(3) *A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo*. É importante que os diversos patamares que podem ser atingidos pelos estudantes ao longo de sua instrução sejam levados em conta no desenho e na posterior aplicação de intervenções didáticas. Mesmo que falsos no plano científico, alguns modelos explicativos intermediários podem cumprir um importante papel na trajetória de aprendizagem de um dado sujeito (Clement, 2000).

2.2 Os três conjuntos do Conceito para Vergnaud

Vergnaud define o conceito como um triplete de três conjuntos, são eles: S (conjunto das situações), I (invariantes operatórios) e R (representações simbólicas) sendo que o entendimento desses conjuntos é necessário para a compressão do conceito na Teoria dos Campos Conceituais. Assim tem-se que $C = (S, I, R)$.

O conjunto das situações (S) é responsável por dar sentido ao conceito. Segundo Vergnaud (1990, *apud* Moreira, 2002) o conceito de situação empregado está relacionado com tarefa, sendo que uma situação complexa envolve uma combinação de tarefas. Assim o campo conceitual formado é dependente das situações vivenciadas pelo sujeito, sendo que situações constituem a entrada de um campo conceitual e tornam esses conceitos significativos. O sentido do conceito é uma relação do sujeito com as situações e com as representações simbólicas, ou seja, o comportamento e sua organização evocados no sujeito por uma situação. Esse comportamento é denominado de esquema (Vergnaud, 1990, *apud* Moreira, 2002).

2.3 Esquemas

Vergnaud denomina de esquema a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações (Vergnaud, 1998). Este conceito foi introduzido por Piaget para explicar as formas de organização das habilidades (sensório-motoras e intelectuais).

“Um esquema é um universal que é eficiente para toda uma gama de situações e pode gerar diferentes sequências de ação, de coleta de informações e de controle, dependendo das características de cada situação particular. Não é o comportamento que é invariante, mas a organização do comportamento.” (Vergnaud, 1998).

Vergnaud define ainda os quatro ingredientes do esquema: metas e antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e as possibilidades de inferência (Vergnaud, 1998). Observa-se que o esquema possui uma estreita relação com as situações ou classe de situações, sendo que Vergnaud distingue duas classes segundo Moreira (2002):

- classes de situações em que o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação. Aqui tem-se a utilização de somente um esquema de forma automatizada e organizada.
- classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, levando-o eventualmente ao sucesso ou ao fracasso. Tem-se o uso de vários esquemas, que entram em conflito, recombina-se.

O conhecimento contido nestes esquemas é denominado por Vergnaud como conceito-em-ação (categoria de pensamento considerada como pertinente) e teorema-em-ação (proposição considerada como verdadeira sobre o real) de forma global esses podem ser chamados de invariantes operatórios (Vergnaud, 1996).

2.4 Invariantes operatórios e Representações simbólicas

Os invariantes operatórios (I) representam aquilo que é preservado no conceito (objetos, propriedades, relações) no qual repousa a operacionalidade do

mesmo. Esses invariantes são reconhecidos e podem ser utilizados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações. Os invariantes operatórios são formados pelos conceitos-em-ação e teoremas-em-ação que não se constituem inteiramente em um conceito e teorema respectivamente, pois podem ser implícitos ou explícitos. Sendo que os explícitos constituem a ponta (visível) de um iceberg, já os implícitos são difíceis de serem enunciados, por isso muitas vezes não são visíveis (Moreira, 2002).

Dessa forma conceitos-em-ação e teoremas-em-ação podem de forma progressiva se tornarem verdadeiros conceitos e teoremas científicos, uma vez que o conhecimento explícito pode ser comunicado a outros e discutido, o conhecimento implícito não (Vergnaud, 1998).

As representações simbólicas são, por exemplo, a linguagem natural, gráficos, diagramas ou sentenças formais, que podem ser usadas para indicar e representar os invariantes e por consequência representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

2.5 Relações entre as teorias de Vergnaud, Piaget, Vygotsky e Ausubel

Nesta parte do texto é realizada uma breve comparação e/ou apontamentos das relações entre as teorias de Vergnaud, Piaget, Vygotsky e Ausubel, isso porque, conforme já discutido, Vergnaud propõe um modelo mais elaborado e amplificado para atender o desenvolvimento cognitivo de determinado sujeito quando comparado com outras teorias construtivistas.

Vergnaud é um psicólogo de tradição piagetiana que procura investigar o sujeito em processo de aprendizagem em resposta de uma situação de ensino. Sua teoria procura redirecionar o foco piagetiano do sujeito epistêmico para o sujeito-em-ação. Esse deslocamento procura responder à pergunta central de como o sujeito aprende em situação. Utilizando a teoria de Vergnaud é possível pesquisar e compreender melhor a evolução temporal dos sujeitos à medida que aprendem, bem como pensar em planejar as intervenções didáticas baseadas nos conteúdos a serem estudados (Carvalho Jr. & Aguiar Jr., 2008). Por isso, Vergnaud considera que o desenvolvimento cognitivo é fortemente influenciado pelo conteúdo do ensino. Ele afirma ainda que o ponto fundamental da cognição é o processo de

conceitualização do real, atividade psicológica interna do sujeito que não pode ser reduzida nem a operações lógicas gerais, tampouco às operações puramente linguísticas. Com isso conclui-se que para Vergnaud o desenvolvimento cognitivo não pode ser explicado por modelos simplistas (Vergnaud, 1998).

Por outro lado, com a teoria de Piaget possuímos uma descrição dos mecanismos gerais do desenvolvimento do sujeito que podem conduzir à aprendizagem. A Teoria da Equilibração (Piaget, 1985) com seus conceitos de assimilação, acomodação, perturbação, compensação e equilibração majorante nos fornecem as bases para explicar as ações e operações de um sujeito frente a um objeto de conhecimento. Em síntese, Vergnaud não procura construir uma teoria geral para o desenvolvimento, mas sim, relaciona o desenvolvimento do sujeito com as tarefas que este é levado a resolver. A grande herança de Piaget na Teoria de Vergnaud é o conceito de esquema.

Moreira (2002) argumenta ainda que a teoria dos campos conceituais de Vergnaud possui influência de Vygotsky uma vez que considera o professor como importante no longo processo que caracteriza o domínio de um campo conceitual pelo aluno. A tarefa do professor consiste em ajudar o aluno a desenvolver seu repertório de esquemas e representações. Nesta mediação são utilizados pelo professor linguagem e símbolos que são importantes na acomodação do conhecimento (pois, o aluno não capta seu significado sozinho), sendo a principal função do professor a de propor situações produtivas para seus alunos (Vergnaud, 1998).

Com relação à aprendizagem significativa, Vergnaud afirma que muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou da nossa experiência tentando modificá-las (Vergnaud, 1996). Ainda temos que considerar a lacuna entre os invariantes construídos pelos sujeitos e os invariantes que constituem o conhecimento científico. Estas concepções prévias, também chamadas de *misconceptions*, concepções ingênuas ou alternativas concebem o aluno como incompleto, deficiente ou imperfeito. Isso é inadequado quando se trata de questões que envolvem o desenvolvimento cognitivo. É mais eficiente considerar o sujeito como um sistema dinâmico, com mecanismos regulatórios que asseguram o processo cognitivo. Estas concepções podem surgir pelo significado de algumas palavras usadas em ciências como: “explique”, “justifique”, “interprete”. Segundo

Vergnaud isso focaliza questões “relacionadas ao evento” e não o “conceitual”. Além disso, as situações propostas que não são usuais e necessitam de abstração e as questões não acessíveis sensorialmente também conduzem a resultados inadequados (Vergnaud, 1990, *apud* Moreira, 2002).

As concepções prévias contêm teoremas e conceitos-em-ação que não são verdadeiros no plano científico, mas podem evoluir para eles. Entretanto isso é demorado e às vezes uma ruptura com as concepções prévias deve ser executada, caso isso não ocorra o conhecimento prévio funciona como obstáculo epistemológico. Aí o papel do professor na desestabilização cognitiva e estabelecimento de rupturas específicas para obter o avanço conceitual.

Moreira (2002) compara a teoria de Ausubel e Vergnaud da seguinte forma:

“a teoria de Ausubel, é uma teoria de aprendizagem em sala de aula, de aquisição de corpos organizados de conhecimento em situação formal de ensino, enquanto que a teoria de Vergnaud é uma teoria psicológica do processo de conceituação do real que se propõe a localizar e estudar continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual. A teoria de Vergnaud não é uma teoria de ensino de conceitos explícitos e formalizados, embora tenha subjacente a ideia de que os conhecimentos-em-ação (largamente implícitos) podem evoluir, ao longo do tempo, para conhecimentos científicos (explícitos). A teoria de Ausubel, por outro lado, se ocupa exatamente da aquisição de conceitos explícitos e formalizados, chegando inclusive a propor princípios programáticos – como a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação – para a organização do ensino”.

Ou seja, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud é um referencial mais rico na investigação da aprendizagem significativa ao analisar a estrutura fina desta aprendizagem. Além do mais a escola em geral superestima o conhecimento explícito e subestima ou desvaloriza o conhecimento implícito, entretanto, Vergnaud aponta que a maior parte da nossa atividade física e mental (comportamento) é constituída de esquemas e estes de invariantes operatórios na sua maioria representados por conhecimentos implícitos (Vergnaud, 1994, *apud* Moreira 2002). É importante considerar que muitas vezes os alunos resolvem as situações, mas não explicitam os teoremas-em-ação que foram utilizados, essa é a diferença entre a ação e a formalização da ação. Como consequência, vemos e levantamos somente

a parte visível do iceberg de conhecimentos explícitos, mas não devemos esquecer que a maior parte dos conhecimentos são implícitos e formam a parte não visível do iceberg (Vergnaud, 1994, *apud* Moreira 2002). Em síntese o conhecimento implícito vai evoluindo de forma progressiva para o explícito, ao invés de ser substituído por ele.

3 PROPOSTA METODOLÓGICA DE INVESTIGAÇÃO

Esta pesquisa realizada em ambiente escolar foi executada com alunos do curso técnico de radiologia durante parte do semestre de 2011/2. Esta turma de curso técnico pertence a uma escola técnica localizada em Porto Alegre onde frequentam 10 alunos (2 homens e 8 mulheres) com idades variando de 20 a 50 anos. A disciplina de Química Aplicada era constituída de dois períodos semanais de 50 minutos, sendo ministrada semestralmente, pertencente à grade curricular do curso alocada no 2º semestre e possui um papel importante nas disciplinas técnicas do curso. Assim a proposta metodológica consistiu inicialmente na elaboração de um mapa conceitual (Figura 1), apresentando conceitos relacionados à radioatividade. Após estes conceitos foram distribuídos em uma sequência didática, onde foram divididos em oito aulas (16 horas-aula). Para cada aula pontuou-se situações que abordavam determinado conceito (Tabela 1), sendo que os alunos eram questionados frente a estas situações. As atividades didáticas foram diversificadas sendo utilizado o quadro tradicional, recursos de mídia (vídeos e apresentações em data show), leitura de textos, pesquisa na biblioteca e apresentação das respectivas pesquisas pelos alunos. O acompanhamento e a coleta dos dados sobre a aprendizagem destes alunos ao longo da sequência didática foram realizados através da análise das respostas em três questionários individuais (que abordavam os conceitos trabalhados): inicial, intermediário e final. O questionário inicial consistiu em 7 perguntas de livre resposta. Em uma etapa intermediária, outro questionário foi aplicado sendo que este era formado por afirmações e sua classificação em verdadeiras ou falsas pelo aluno e ainda por questões discursivas ou de resolução numérica. O questionário final foi realizado da mesma maneira que o intermediário reelaborando algumas questões que envolviam os mesmos conceitos. Entre os objetivos destaca-se a identificação de alguns invariantes operatórios no campo de conceitos da radioatividade e inferir uma possível evolução conceitual para os alunos participantes.

3.1 Planejamento do campo de conceitos

A partir da análise do conteúdo a ser abordado, uma ênfase de um campo conceitual foi escolhido para ser trabalhado em sala de aula. Com este ponto de partida estabeleceram-se relações e conexões existentes entre este aspecto e outros do conteúdo, formando assim um campo de conceitos. A partir disso o professor estabeleceu um recorte do campo previamente construído de acordo com os objetivos do ensino e com o tempo disponível. A seguir o professor elencou algumas situações de ensino e as variáveis didáticas relevantes para a construção de uma série de atividades coerentes e inter-relacionadas. Além disso, estas atividades foram organizadas de forma cronológica e em uma sequência didática para ser aplicada no ambiente escolar (Carvalho Jr. & Aguiar Jr., 2008). A Figura 1 descreve o campo de conceitos abordado em radioatividade.

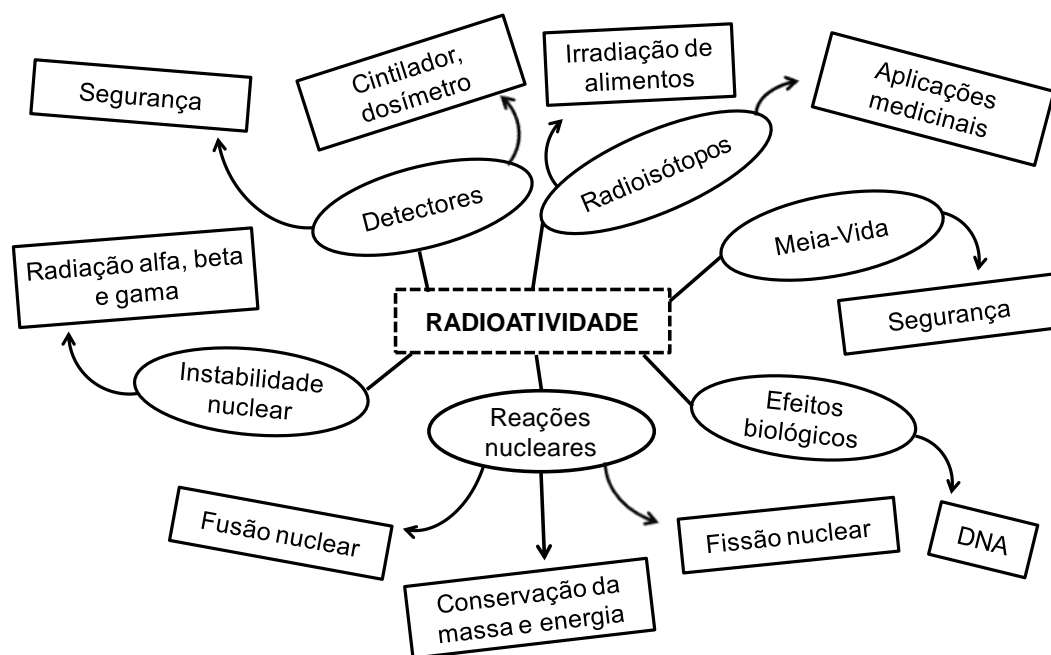


Figura 1 – Campo de conceitos escolhido para trabalhar a radioatividade.

3.2 Momentos de verificação e critérios para avaliação das respostas

Com este planejamento foram realizados três momentos de verificação da evolução dos conceitual dos estudantes:

Momento 1 (Questionário inicial) – Antes de qualquer atividade sobre o conteúdo a ser abordado em sala de aula, foi aplicado um pré-teste, a fim de identificar os modelos prévios utilizados pelos estudantes e posteriormente foi iniciada a

discussão sobre o conteúdo a ser trabalhado, esta atividade está descrita no APÊNDICE 1. A avaliação das respostas deste questionário foi realizada da seguinte forma:

As questões 1 e 2 foram realizadas para caracterizar os sujeitos e não foram avaliadas em relação aos conceitos por serem informações de caráter pessoal. Para a questão 3, considerou-se que qualquer aluno que enunciasse “emissão de radiação” realizou satisfatoriamente a questão. Na questão 4 um exemplo de radiação enunciado era suficiente para ser considerada como resolução correta da questão. A questão 5 solicitava exemplos de aplicação dos radioisótopos, um exemplo descrito era satisfatório e a questão era considerada resolvida de maneira correta. Para a questão 6 ser considerada correta, o aluno deveria enunciar: “tempo necessário para decaimento da metade dos núcleos de uma determinada amostra”. Alguma menção a detectores era considerada suficiente para resolução correta da questão 7.

Momento 2 (Questionário intermediário) – Realizou-se uma avaliação intermediária com o objetivo de verificar as transformações dos modelos conceituais adquiridos pelos estudantes após algumas atividades planejadas e desenvolvidas em sala de aula, um modelo da avaliação está apresentado no APÊNDICE 2. Estas questões foram avaliadas considerando as classificações das afirmações em verdadeiras (V) ou falsas (F) pelos alunos. Para as questões 10 e 11 além da resposta correta deveria estar descrita alguma forma de resolução para estas serem consideradas corretas, somente a resposta final não era considerado. Uma descrição de aplicação na questão 12, esta era considerada correta.

Momento 3 (Questionário final) – A avaliação final foi realizada após toda a sequência didática ter sido desenvolvida em sala de aula, com a principal finalidade de verificar a continuidade da construção e transformação dos modelos conceituais dos estudantes individualmente. O APÊNDICE 3 apresenta a avaliação final utilizada. Estas questões também foram avaliadas considerando as classificações das afirmações em verdadeiras (V) ou falsas (F) pelos alunos. Para a questão 10 deveria estar enunciado “emissão de radiação” para esta ser considerada correta. Na questão 11 alguma evidência de aplicação ou relato de benefício era suficiente para que a resolução fosse considerada correta. A questão 12 era de opinião pessoal e não foi avaliada.

3.3 Cronograma das aulas

Na tabela 1 se apresenta uma síntese dos conceitos trabalhados durante a seqüência didática de oito aulas e uma breve descrição das atividades realizadas.

Tabela 1 – Cronograma das aulas, conceitos trabalhados, descrição das atividades realizadas e sua relação com as situações envolvidas em cada aula.

Aula	Conceitos	Atividades realizadas	Situações envolvidas
1	Revisão conceitos (isótopos e modelos atômicos). Estudo da radiação nuclear e radioatividade. Aspecto histórico. Estabilidade nuclear. Radiação alfa, beta e gama.	Momento 1. Uso do quadro e vídeo sobre histórico da radioatividade ^a .	- Estabilidade nuclear pela razão número de nêutrons/número de prótons. - Núcleos com números de massa acima de 209 são instáveis. - Histórico da radioatividade: Becquerel, Marie e Piere Curie, Rutherford.
2	Radiação alfa, beta e gama. Espectro eletromagnético das radiações. Reações nucleares (forma de representação).	Uso do quadro e um esquema resumo das radiações.	- Emissão de radiação alfa, beta e gama e o rearranjo nuclear. - Relação espectro-eletromagnético e energia da radiação. - Aplicações das radiações
3	Radioatividade natural e artificial. Energia nuclear, fissão e fusão nuclear. Conservação da massa e energia em reações nucleares.	Uso do quadro e vídeos sobre reações de fissão e fusão nuclear ^b .	- Radioisótopos naturais e sintéticos - Série de desintegração - Lei de Einstein: $E = mc^2$ - A fissão nuclear e os reatores atômicos, a fusão nuclear e o Sol.
4	Estudo do conceito de meia-vida e radioisótopos usados na medicina. Reatores nucleares e acidentes.	Uso do quadro, da biblioteca para pesquisa e vídeos sobre acidentes nucleares ^c .	- Meia-Vida e tempo necessário para disposição dos resíduos. - Meia-Vida biológica: radioisótopos e o organismo. - Funcionamento de um reator e acidentes nucleares.
5	Radioisótopos utilizados na medicina.	Apresentação dos alunos sobre radioisótopos pesquisados ^d .	- Radioisótopos e aplicação em medicina: mapeamento de órgãos, radiação emitida, produtos de decaimento, meia-vida física e biológica.
6	Estudos dos detectores de radiação e unidades de medida das radiações.	Momento 2. Uso de uma apresentação em data show. Leitura de texto sobre revelação de filmes radiológicos.	- Interação da radiação ionizante com a matéria - Tipo e funcionamento dos detectores - Unidades e medidas da radiação - Exposição a radiação e doses letais
7	Estudar os usos médicos da radiação, irradiação de alimentos.	Uso de uma apresentação em data show e leitura de textos sobre irradiação de alimentos e aplicações medicinais dos radioisótopos.	- Radioisótopos e uso no mapeamento de órgãos e tratamento do câncer - Benefícios e riscos da irradiação de alimentos
8	Efeitos biológicos das radiações	Uso de uma apresentação em data show. Momento 3.	- Variáveis dependentes dos danos na radiação (tempo e forma de exposição, órgão irradiado e tipo de radiação). - Classificação dos efeitos biológicos - Radiação aguda

^a<http://www.youtube.com/watch?v=5VvjBz-jbVc>

^b<http://www.youtube.com/watch?v=P79kEvkaAS8> e <http://www.youtube.com/watch?v=xSfnHYxSp6s>

^cReatores: <http://www.youtube.com/watch?v=7pcQ1EzQgYI>, Chernobyl: <http://www.youtube.com/watch?v=RgQXiOW2IPY>, <http://www.youtube.com/watch?v=wHUCHyztI5M&feature=related>, <http://www.youtube.com/watch?v=BygxeniXsOY&NR=1>.

^dRadioisótopos utilizados: cromo-51, cobalto-60, flúor-18, gálio-67, ouro-198, índio-113m, iodo-125, ferro-59, fósforo-32, selênio-75, tecnécio-99m, tálio-201, xenônio-133, carbono-11, mercúrio-197, estrôncio-85, trítio (H-3).

3.4 Tratamento das informações dos questionários

Após a avaliação dos questionários algumas afirmações foram transcritas para posterior discussão. As respostas das questões de classificação em V e F foram agrupadas em gráficos e algumas justificativas também estão transcritas nos resultados de forma a identificar possíveis invariantes operatórios expressados por estes alunos. Considerando os critérios expostos anteriormente, para os alunos que responderam os três questionários foi possível traçar a evolução das respostas em função dos momentos, considerando os conceitos abordados no mapa conceitual. Os alunos foram nomeados de forma genérica de 1 a 10 (Aluno 1, Aluna 2, etc., essa numeração é fixa durante toda a seqüência e é a identificação do aluno).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da proposta didática para a abordagem do tema radioatividade/química nuclear foi realizada através da aplicação de três questionários: inicial (momento 1), intermediário (momento 2) e final (momento 3). Assim foi possível acompanhar os estudantes ao longo de sua evolução conceitual. A seguir se analisa as respostas dos estudantes aos três questionários e após uma proposição da evolução conceitual de alguns estudantes será discutida.

4.1 Questionário inicial (Momento 1)

O questionário inicial foi aplicado com o principal objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos e seu entendimento sobre os conceitos que seriam abordados, além disso, de forma adicional conhecer e caracterizar os sujeitos que faziam parte desta classe de alunos, por perguntas discursivas de livre resposta.

A primeira questão revelou que em média os alunos estão de 1 a 5 anos sem estudar, são alunos que já possuem o ensino médio completo. Somente duas alunas relataram que estavam sem estudar há 10 e 20 anos, o que pode ser considerado um dos motivos para a dificuldade destes alunos frente ao curso em questão. Todos enunciaram a falta de tempo para estudar, principalmente por motivos de trabalho e não evidenciaram grandes dificuldades de aprender química. Ao final do curso todos pretendem trabalhar na área médica através da prestação de concurso público. A maioria adquire conhecimento sobre essa área (curso técnico) na internet.

A segunda pergunta tinha o objetivo de questionar os alunos sobre os conhecimentos da sua futura profissão. Em geral todos responderam que um técnico em radiologia trabalha realizando exames de raio-X. Outras atribuições também foram indicadas como posicionamento do paciente, preparação e organização da sala de radiografia e trabalho com radioterapia.

Na questão 3 era solicitado que a partir da situação de um laboratório de radiologia os alunos revelassem sua definição de radioatividade. Somente duas

alunas relacionaram a radioatividade com a emissão de radiação, os outros alunos não responderam a questão.

Na questão 4 era esperado que os alunos definissem ou enunciassem um exemplo de radiação, em especial os raios-X, pois a questão fazia menção a radiografias. Uma aluna revelou que já ouviu falar em radiação, mas não sabia definir. Os outros sujeitos não responderam a questão e por consequência não enunciaram um exemplo, o que contrariou a expectativa do professor.

A quinta pergunta solicitava para os alunos que exemplificassem seu conhecimento sobre as aplicações dos radioisótopos. Somente uma aluna enunciou o iodo-131, mas não definiu onde é utilizado ou que parte do organismo é estudada com o uso deste radioisótopo. Os outros alunos não responderam a questão pelo não conhecimento dos radioisótopos.

Na sexta questão o conceito de meia-vida foi abordado e nenhum aluno respondeu de forma satisfatória. Um aluno na tentativa de resposta enunciou:

Aluno 1 - *“É o tempo que leva para o átomo perder metade de sua força.”*

A última questão tinha como objetivo evidenciar os conhecimentos e entendimentos dos alunos sobre as formas de detecção da radiação. Cinco alunos responderam que a radiação pode sim ser detectada e quantificada, entretanto somente três explicaram o motivo ou expressaram suas opiniões. Abaixo estão transcritas essas três respostas:

Aluno 1 – *“Sim. Podemos medir a quantidade de radiação emitida e recebida, principalmente em emissão raio-X.”*

Aluna 2 – *“Acredito que sim, é possível controlar nos aparelhos radiológicos a quantidade de keV e mA.”*

Aluna 7 – *“Pode ser medida com dosímetro, equipamento para medir as doses de radiação pela qual estamos sendo expostos no ambiente de trabalho.”*

4.2 Questionário intermediário (Momento 2)

Após cinco aulas foi realizado um questionário intermediário com o objetivo de verificar a transformação dos modelos mentais e conceitos construídos pelos

estudantes após algumas atividades planejadas e executadas em sala de aula. Este questionário consistiu em afirmações (que abordavam os conceitos da sequência didática) e sua classificação em verdadeiras ou falsas, após era solicitado ao aluno, que justificasse duas afirmações que ele considerasse verdadeiras e duas falsas. Em seguida destas afirmações, três questões eram apresentadas para resolução, na qual os alunos deviam expressar a forma de resolução da questão. A figura 2 expressa o número de respostas corretas em função das questões 1 a 9.

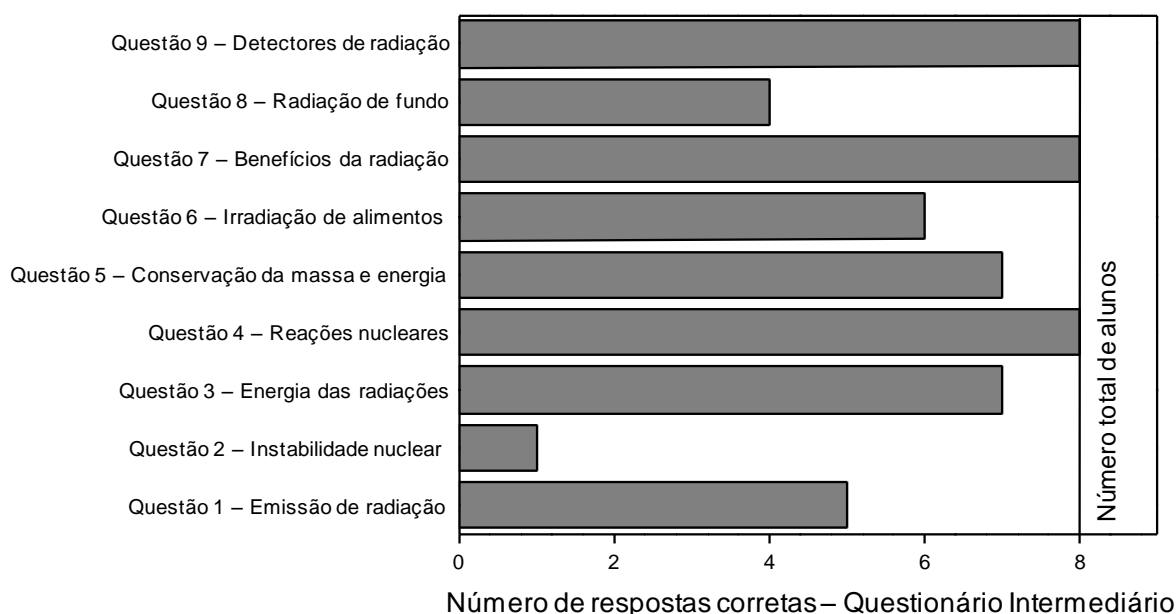


Figura 2 – Número de respostas corretas em função das questões 1 a 9 no questionário intermediário.

É possível observar na figura 2 que as questões 1 e 2, as quais abordam os conceitos iniciais de estabilidade nuclear, foram respondidas de forma incorreta, ou seja, os alunos nesta etapa ainda não compreendem a emissão de radiação (alfa, beta ou gama) como um fenômeno nuclear ao invés de eletrônico, e por consequência, se não localizam o fenômeno na estrutura do átomo também não identificam que a repulsão entre os prótons e o rearranjo das partículas nucleares são responsáveis pela instabilidade nuclear. Isso acontece principalmente pela necessidade de abstração relacionada com os conceitos de química nuclear, que requerem, para sua compreensão, imaginação ou representações simplificadas destes conceitos. Da mesma forma, existe uma confusão entre os conceitos relacionados às reações nucleares e químicas (Nakiboğlu & Tekin, 2006). Como estratégia é proposto o uso do computador com simulações que representam modelos relativos aos tópicos abstratos no nível microscópico da matéria, em vista

do perigo e dificuldade dos experimentos relacionados a esse conteúdo (Nakiboğlu & Tekin, 2006).

As outras questões foram em sua maioria respondidas de forma correta, ou seja, a metodologia desenvolvida e a abordagem dos conteúdos na sequência didática foi efetiva, principalmente (questão 3) no reconhecimento da energia das radiações, que em geral a maioria dos alunos justificaram afirmando que os raios-X e raios gama possuem alta energia e as microondas baixa energia. Para todos os alunos as reações nucleares (questão 4) possibilitam a síntese de muitos radioisótopos não encontrados na natureza. Além disso, a maioria dos alunos reconhece que nessas reações ocorre a conservação da massa e da energia (questão 5). A grande parte dos estudantes submetidos às atividades abordadas na sequência didática, afirma que os alimentos conservados por irradiação não se tornam radioativos (questão 6), contrariando as concepções alternativas apresentadas na literatura (Nakiboğlu & Tekin, 2006). Abaixo são transcritas duas justificativas apresentadas pelas alunas que discordaram e concordaram com a afirmação, respectivamente:

Aluna 5 – *“Os alimentos não se tornam radioativos após a irradiação.”*

Aluna 6 – *“Sim, porque um alimento conservado por irradiação se utiliza da radiação, portanto passa a se tornar radioativos.”*

O resultado apresentado na questão 7 que versava sobre benefícios e malefícios da radiação, surpreendeu positivamente, pois todos os participantes enunciaram benefícios da radiação e contrariaram as concepções alternativas⁹ descritas por Nakiboğlu & Tekin (2006). Abaixo se descrevem as justificativas de alguns alunos:

Aluna 9 – *“Nem toda radiação é prejudicial, pois pode também ser usada para tratamentos.”*

Aluna 5 – *“Não é toda radiação, tem algumas que trazem benefícios positivos para os seres humanos.”*

⁹ Em face dos grandes acidentes nucleares e da gravidade dos danos das radiações, uma das crenças que persiste é que a radiação somente trás malefícios, os benefícios ficam esquecidos por serem de pequeno tamanho se comparados aos malefícios. Essas impressões negativas estão descritas em Atwood & Sheline (1989).

Aluna 3 – *“Pois os benefícios são através da medicina como, por exemplo: a radioterapia tem radiação, mas tenta ajudar na cura da doença.”*

Aluno 4 – *“Pois ela é prejudicial, mas também trás muitos benefícios.”*

A questão 8 fez menção à radiação de fundo, é importante salientar que na sequência didática este assunto está apresentado (formalmente) na sexta aula, após a realização do questionário intermediário. Assim observa-se que somente metade dos alunos respondeu de forma efetiva, provavelmente utilizando a idéia de radioisótopos naturais, abordada na terceira aula da sequência conforme justificativa abaixo:

Aluno 4 – *“Pois tem muitos elementos que emitem radiação”.*

A questão que tratava sobre a detecção da radiação (questão 9) foi reescrita (a partir do questionário inicial) e aplicada novamente (no questionário intermediário), com a confirmação e concordância dos alunos presentes no que se refere a identificação da detecção da radiação. Assim observa-se que inicialmente alguns alunos possuíam dúvidas com relação a detecção, mas em uma etapa intermediária todos afirmavam que a radiação pode ser detectada e quantificada. Abaixo as justificativas apresentadas:

Aluna 7 – *“Deve-se medir os níveis de radiação para evitar a exposição desnecessária.”*

Aluna 8 – *“Por que já vi nas clínicas que realmente cuidam da segurança e existe detectores para segurança de clientes.”*

Aluna 9 – *“É importante ter os detectores para segurança, assim evita a contaminação.”*

Aluna 5 – *“Para que não ultrapasse o limite de exposição permitido para o ser humano”.*

Aluna 3 – *“Sim e até mesmo, em clínicas ou em locais em que os técnicos utilizam dosímetros para identificar os níveis de radiação.”*

Aluno 4 – *“Pois é necessário manter a radiação espalhada sobre controle.”*

As questões 10, 11 e 12 eram de natureza discursiva, na qual os alunos deveriam expressar alguma forma escrita de resolução. Nenhum aluno realizou a

questão 10 de forma satisfatória, duas alunas na tentativa de realização confundiram número de massa com número de nêutrons, mas diminuíram duas unidades do número de prótons e quatro unidades de massa atômica, ou seja, reconhecem e aplicam o algoritmo de forma correta, mas não sabem onde estão aplicando (não reconhecem o conceito de número atômico, número de massa e número de nêutrons). A questão 11 abordou o conceito de meia-vida pela utilização de recursos numéricos, sendo que nenhum aluno enunciou a resposta correta mostrando uma resolução efetiva da questão. Assim observa-se que os alunos possuem dificuldade principalmente quando se deparam com problemas numéricos. Na questão 12 os alunos não tiveram dificuldades e todos realizaram efetivamente visto que na aula anterior cada aluno ficou responsável de pesquisar e apresentar informações sobre um radioisótopo para a turma. Isso mostra a efetividade do trabalho realizado com os radioisótopos de aplicação medicinal para estes alunos.

4.3 Questionário Final (Momento 3)

Após o planejamento didático ser trabalho em aula, realizou-se um questionário final para identificar as principais transformações conceituais ocorridas durante a realização da sequência de atividades. Esse questionário é constituído de nove afirmações e os alunos deveriam classificá-las em verdadeiro ou falso. A seguir, justificar três afirmações que eram consideradas verdadeiras e três falsas. O questionário possuía ainda três questões discursivas para os alunos expressarem seu entendimento sobre radioatividade, importância dos radioisótopos e sua opinião a respeito das aulas que faziam parte da sequência. A figura 3 representa o número de respostas corretas em função das questões 1 a 9 do questionário final.

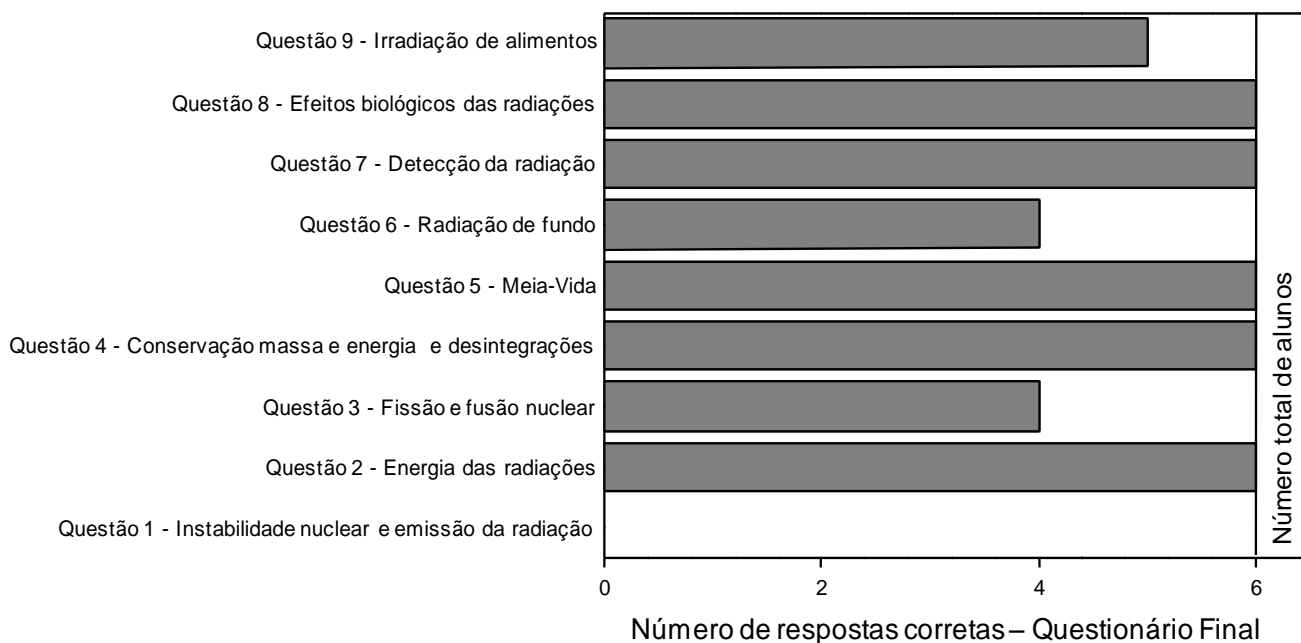


Figura 3 - Número de respostas corretas em função das questões 1 a 9 no questionário final.

A questão 1 abordava a instabilidade nuclear e a emissão de radiação por núcleos instáveis e, como já observado no questionário intermediário, ao final da sequência didática trabalhada, os alunos não identificam o fenômeno da emissão de radiação (alfa, beta ou gama) com ocorrência no núcleo atômico. Entretanto nenhum aluno apresentou uma justificativa para esta questão. Na afirmação 2 não representou dificuldade para os participantes em vista das justificativas apresentadas, todos realizaram satisfatoriamente a questão e algumas das respostas estão a seguir:

Aluna 10 – *“A radiação gama e beta são de alta energia”.*

Aluna 9 – *“Somente a partícula alfa é de baixa energia”.*

Aluna 3 – *“Não, pois a partícula alfa atravessa a pele e inclusive causa queimaduras e até romper a pele”.*

Aluna 2 – *“A beta e a gama tem mais energia, poder de penetração na cama fina da pele.”*

Aluno 4 – *“Gama é energia pura”.*

Na questão 3 era solicitado a identificação das reações nucleares de fissão e fusão nuclear, quatro alunos responderam corretamente e três justificaram da seguinte forma:

Alunas 10, 2 e Aluno 4 - *“Por exemplo, o elemento mais pesado que o Sol funde é o ferro”*.

Os outros dois alunos que responderam a questão de forma incorreta justificaram:

Aluna 3 – *“A fissão é a quebra de um átomo grande em dois núcleos menores”*.

Aluna 5 – *“Não porque a fusão é a quebra de um átomo grande”*.

A questão 4 apresentava uma afirmação sobre a conservação da massa e da energia em reações nucleares incluindo as séries de desintegração. Todos os alunos responderam corretamente, mas somente uma aluna justificou da seguinte forma:

Aluna 5 – *“Não porque massa pode ser convertida”*.

A questão sobre meia-vida (questão 5) foi respondida corretamente por todos os participantes, dois alunos justificaram da seguinte maneira (é importante destacar os problemas de linguagem nas justificativas apresentadas, isso provavelmente seja uma dificuldade relacionada com o problema de formalização da ação já discutida por Moreira) :

Alunas 10 e 2 – *“Sim, pois cada meia vida de um radioisótopo é calculada pela metade do tempo e assim por diante”*.

Aluno 4 – *“Sim, pois cada meia-vida se parte ao meio o elemento”*.

Na questão 6 a radiação de fundo foi abordada, sendo que quatro dos seis alunos responderam corretamente e somente três alunos justificaram:

Aluna 10, 2 e Aluno 4 – *“O cimento emite um tipo de radiação de fundo”*.

Nas questões 7 e 8 foram descritos a forma de detecção da radiação e os efeitos biológicos, respectivamente. Nestas afirmações nenhum aluno apresentou alguma justificativa, mas todos responderam corretamente as duas questões.

A última questão versava novamente sobre a irradiação de alimentos, em geral a maioria dos alunos (Alunas 10, 9, 2) respondeu corretamente, justificando que os alimentos conservados por irradiação não emitem radiação depois deste processo. Somente uma aluna confirmou a emissão de radiação, justificando:

Aluna 3 – *“Acredito que sim, pois colocam bastante conservantes nas frutas para durarem mais tempo”.*

Outro aluno justificou que a afirmação era falsa da seguinte maneira:

Aluno 4 – *“Porque são produzidos para serem consumidos”.*

As questões discursivas 10 e 11 foram respondidas sem grandes dificuldades. A primeira abordou o conceito de radioatividade, sendo que todos os alunos que responderam afirmaram que se tratava de um “processo de desintegração nuclear com emissão de radiação”, conceito formal apresentado em aula pelo professor. Na outra questão como importância dos radioisótopos todos os participantes foram concordantes e restritos em afirmar os benefícios na área médica (identificação de tumores e mapeamento de órgãos), entretanto nenhum enunciou outras aplicações como na irradiação de alimentos ou geração de energia.

A última questão (12) solicitava a opinião dos alunos sobre a proposta didática desenvolvida, algumas estão descritas a seguir: Aluna 10 - *“As aulas do estagiário foram elaboradas com datashow, bem explicadas e foram adquiridos novos conhecimentos”.* Aluna 9 – *“Aulas bem ministradas, sempre nos auxiliando, explicações bem claras, sempre esclarecendo nossas dúvidas”.* Aluna 5 – *“Sim, pois foram dadas justamente com a parte que vamos trabalhar futuramente na prática”.* Aluna 3 – *“Sim foram aulas interessantes com diálogo e análises de apresentações”.* Aluna 2 – *“As aulas foram interessantes em alguns casos produtivas”.* Aluno 4 – *“Foram boas e eficientes”.*

4.4 Evolução das respostas dos alunos

Após a coleta das respostas dos alunos nos três questionários foi possível analisá-las em relação aqueles alunos que responderam os três questionários. A Figura 4 apresenta a evolução das respostas de três alunos em função dos momentos. É possível observar na figura que para estes três alunos observa-se ou a

estabilidade das respostas incorretas ou a variabilidade das respostas (levando em consideração a Aluna 5). Isso se deve principalmente pela dificuldade de construção dos conceitos relacionados à emissão de radiação e instabilidade nuclear conforme já discutido. Ao final da sequência de trabalho todos os participantes demonstraram eficiência no reconhecimento da energia das radiações. Com relação ao conceito de reações nucleares uma instabilidade é observada se consideramos as Alunas 3 e 5, para o aluno 4, isso não é observado. Ao final da sequência todos os participantes reconhecem a conservação da massa e energia (nas reações nucleares) não sendo apresentadas modificações ou grandes dificuldades nas questões relacionadas a esse conceito. Por outro lado, na irradiação de alimentos se observa a não modificação da resposta da Aluna 3 (mesmo após o questionário final a aluna ainda afirma que alimentos irradiados emitem radiação depois deste processo), entretanto isso não é observado para os alunos 5 e 4. Todos os alunos demonstraram resultados eficientes no reconhecimento de benefícios das radiações apesar de inicialmente não citarem exemplos disso. Na radiação de fundo, o aluno 4 demonstra um conceito formado entre o momento 1 e momento 2 e não modificado durante o trabalho posterior da sequência. De forma contrária, a aluna 5 não evidenciou modificação, ou seja, não reconheceu a radiação de fundo apesar do trabalho desenvolvido durante as aulas. Para a aluna 3 se observa uma instabilidade nas respostas relativas a este conceito. Todos reconhecem a detecção da radiação, isso demonstra a eficiência da proposta didática adotada na construção deste tópico. Para o conceito de meia-vida se observa uma dificuldade de modificação das respostas isso porque se tornam estáveis para os três alunos até o momento 2, a partir desse momento se observam mudanças apenas no momento 3 o que sugere a necessidade de uma atenção maior pela dificuldade deste conceito.

Avaliando os perfis onde estão representadas as respostas é possível observar que para as alunas 3 e 5 aconteceram algumas oscilações entre as respostas corretas e incorretas, o que demonstra a flexibilidade do uso de conceitos para resolução das questões e o não abandono das concepções prévias em relação às científicas, mas sugere uma mudança de perfil conceitual. Isso não se observa no Aluno 4, uma vez que oscilações não são observadas (apenas acontece a mudança das respostas incorretas ou nula para corretas e não a volta) isso evidencia que os conceitos construídos ao longo dos momentos foram suficientes para resolução

correta das questões, justificando assim a eficiência das atividades realizadas na seqüência para resolução das questões.

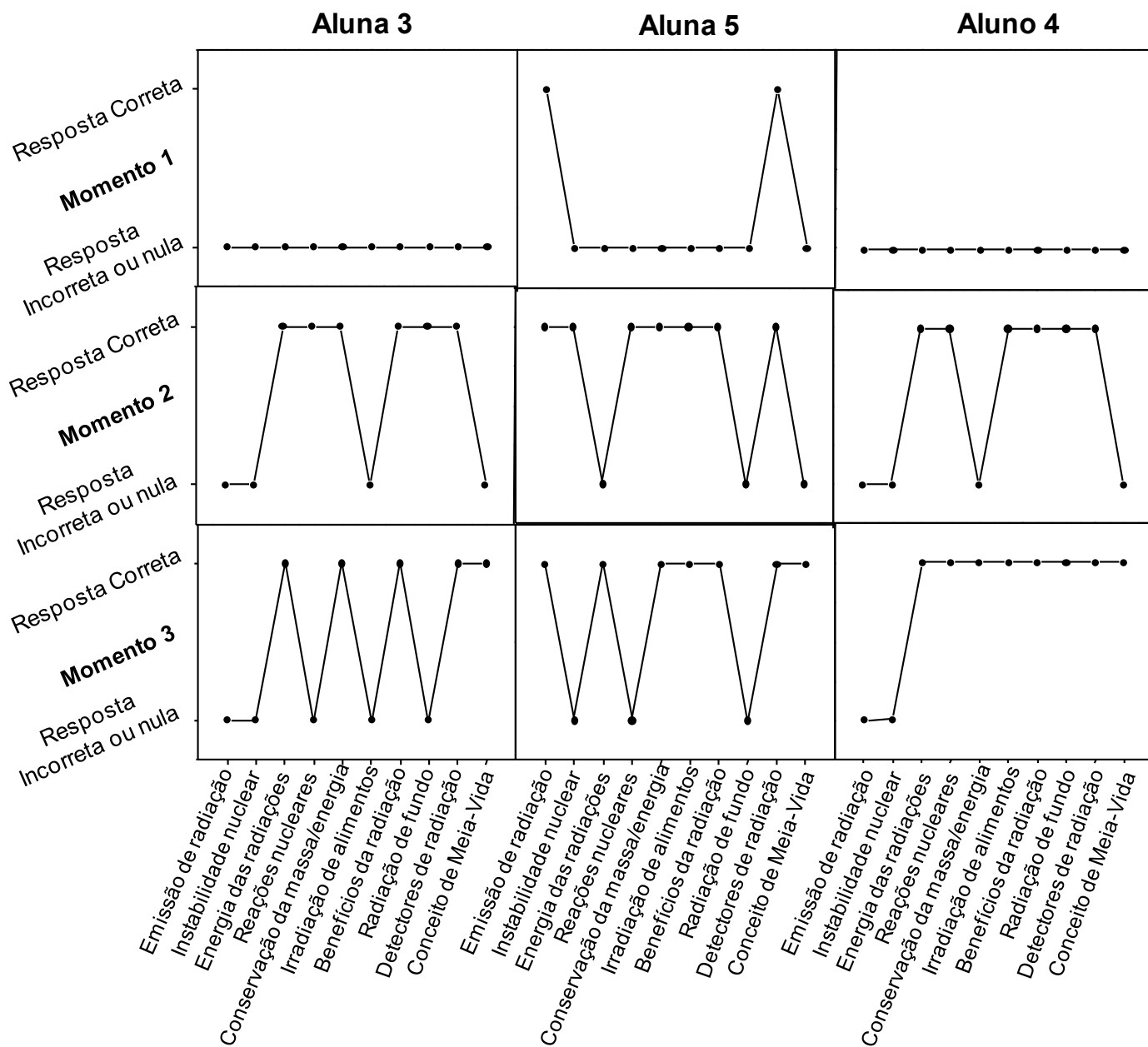


Figura 4 – Evolução das respostas dos alunos 3, 5 e 4 em função dos momentos 1,2 e 3 considerando os conceitos trabalhados.

5 CONCLUSÕES

A partir do trabalho desenvolvido é possível afirmar que a teoria dos campos conceituais é uma boa ferramenta principalmente quando utilizada no planejamento didático (campo de conceitos). Com esta teoria é possível também realizar a seleção e análise das situações de ensino que dão sentido aos conceitos e com isso acompanhar os estudantes enquanto aprendem, mapeando dessa forma, sua evolução conceitual e identificando indícios de aprendizagem significativa (em resposta das situações selecionadas). Ao fazer uso deste referencial é permitido ao professor pensar seu objeto de ensino de forma mais global. Adicionalmente a adaptação dos conceitos pelas particularidades dos alunos também é válida, através da seleção das situações de ensino. Com isso se obtém um ganho na aprendizagem que é avaliada de forma individual, através da análise do “sujeito-em-ação”, em contrário à massificação dos alunos. Assim é revelada a prosperidade deste referencial no ensino de ciências, principalmente pela identificação de alguns invariantes operatórios (através das justificativas dos alunos), que podem orientar práticas didáticas eficientes na transformação das estruturas de conceitos apresentadas pelos participantes.

Em relação ao campo de conceitos selecionado (radioatividade) foi observado que o referencial teórico utilizado auxiliou na identificação das dificuldades dos alunos em relação aos conceitos de emissão de radiação e instabilidade nuclear. De forma adicional foi possível inferir uma possível evolução conceitual de três alunos ao longo do campo de conceitos adotado, entretanto as oscilações observadas sugerem que nos alunos não ocorre uma mudança conceitual com a substituição das concepções alternativas, mas uma mudança de perfil conceitual¹⁰.

¹⁰Mortimer (1995).

6 REFERÊNCIAS

- Araújo, E. B. de (2005). A utilização do elemento tecnécio-99m no diagnóstico de patologias e disfunção dos seres vivos. *Química Nova na Escola*, v.6, p.31-35.
- Atwood, C. H.; Sheline, R. K. (1989). Nuclear chemistry: include it in your curriculum. *Journal of Chemical Education*, v.65, n.5, p.389-393.
- Barker, V. (2004). Beyond appearances: student's misconceptions about basic chemical ideas. 2nd ed. RSC.
- Cachapuz, A.; Praia, J. ; Jorge, M. (2000). Perspectivas de ensino. In: A. Cachapuz (Org.), *Formação de Professores – Ciências*, Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC).
- Carvalho Jr., G.; Aguiar Jr., O. (2008). Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.25, n.2, p.207-227.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, v.22, n.9, p.1041-1053.
- Committee on Undergraduate Science Education. (1997). *Science Teaching Reconsidered: A Handbook*, National Academies Press: Washington, DC.
- Chassot, A. (1995). Raio-X e radioatividade. *Química Nova na Escola*, v.2, p.19-22.
- Gil Pérez, D.; Carrascosa Alís, J.; Dumas-Carré, A.; Furio Mas, C.; Gallego, R.; Gene Duch, A.; González, E.; Guisasola, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Pessoa de Carvalho, A. M.; Salinas, J.; Tricárico, H.; Valdés, P. (1997) ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p 503-512.
- Hewson, P. W.; Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p.541-553.
- Laburú, C. E. ; Carvalho, M. (2001). Controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico no ensino de ciências naturais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n.1, p.57-67.
- Matthews, M. (2000). Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.3, p.270-294.
- Merçon, F. & Quadrat, S. V. (2004). A radioatividade e a história do tempo presente. *Química Nova na Escola*, v.19, p.27-30.
- Moreira, M. A. (2002). 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.
- Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del apredizaje significativo. *Ciência & Educação*, v.9, n.2, p.301-315.

- Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, v.4, n.3, p.23-45.
- Nakiboğlu, C.; Tekin B. B. (2006). Identifying student's misconceptions about nuclear chemistry a study of Turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, v.83, n.11, p.1712-1718.
- Osborne, J.F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, v.80, n.1, p.53-82.
- Osborne, R. & Wittrock, M. (1985). The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, v.12, n.1, p.59-87.
- Piaget, J. (1985). *The equilibration of cognitive structures*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Pintrich, P. R.; Marx, R. W.; Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, v. 63, n.2, p.167-199.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P.W.; Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p.211-227.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, v. 23, n.1, p.1-19.
- Venville, G. J.; Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, v.35, n.9, p.1031-1055.
- Vergnaud, G. (1996). Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, v.55, n.2-3, p.112-118.
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. *Journal of Mathematical Behavior*, v.2, n.17, p. 167-181.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, v.4, n1, p.45-69.
- Xavier, A. M.; de Lima, A. G.; Vigna, C. R. M.; Verbi, F. M.; Bortoleto, G. G.; Goraieb, K.; Collins, C. H.; Bueno, M. I. M. S. (2007). Marco da história da radioatividade e tendências atuais. *Química Nova*. v.30, n.1, p.83-91.

APÊNDICE 1

Questionário Inicial – Disciplina de Química Aplicada (Radiologia)

Nome: _____

Sou estagiário do Curso de Licenciatura em Química da UFRGS e realizarei este questionário para conhecer melhor vocês alunos e orientar o planejamento das aulas. Para isso é necessário que você responda as seguintes questões. Pode usar o verso da folha para responder.

- 1) Há quanto tempo você estuda? Fez o ensino médio (2º Grau) em que escola? Tem dificuldade de aprendizagem em química? Fale um pouco sobre você (seu comportamento, seu objetivo com este curso técnico, se estuda ou não em casa, onde aprende sobre esta futura profissão)?
- 2) O que faz um técnico em radiologia? Quais suas perspectivas depois que terminar o curso técnico?
- 3) É muito comum em laboratórios de radiologia trabalhar com alguns princípios para definir/caracterizar os átomos radioativos. Como você define a Radioatividade?
- 4) Para a realização de radiografias uma forma de radiação é utilizada. Você já ouviu falar em Radiação? Como pode definir? Quais os tipos de radiação conhecidos por você?
- 5) “Na natureza existem elementos com mesmo número de prótons que podem ou não ser radioativos, no caso de serem radioativos estes são chamados de **radioisótopos**”. Radioisótopos possuem uma grande aplicação na medicina, você consegue enunciar exemplos de aplicação?
- 6) O conceito de meia-vida é extremamente importante em química radiológica, pois com o conhecimento dessa medida é possível estabelecer uma margem de segurança para os rejeitos radioativos. Como você define ou o que você entende por **meia-vida** de um radioisótopo?
- 7) Para você a quantidade de radiação pode ser medida e quantificada? Explique.

Obrigado.

APÊNDICE 2

Questionário Intermediário – Disciplina de Química Aplicada (Radiologia)

Nome: _____

Sou estagiário do curso de Licenciatura em Química e realizarei estas perguntas para avaliar as aulas até aqui. Para isso é necessário que você responda as questões abaixo.

Classifique as afirmações em V (verdadeiras) ou F (falsas). Justifique duas que você considera falsa e duas verdadeiras. Explicando.

- 1) () A emissão de radiação (alfa, beta ou gama) de um átomo ocorre pela transição dos elétrons nos níveis energéticos.
- 2) () A instabilidade dos núcleos com número de massa acima de 209 pode ser explicada pela repulsão entre os prótons e o rearranjo nuclear.
- 3) () Os raios gama e os raios-X são as radiações de menor energia, já as microondas possuem alta energia.
- 4) () Através das reações nucleares é possível sintetizar muitos radioisótopos não encontrados na natureza.
- 5) () Nas reações nucleares não ocorre conservação da massa e nem da energia diferente do que ocorre nas reações químicas.
- 6) () Os alimentos conservados por irradiação passam a ser radiativos depois deste processo.
- 7) () Toda radiação é prejudicial e por isso não é possível relatar benefícios da radiação para os seres humanos.
- 8) () Durante toda a vida estamos expostos a um nível de radiação chamado de radiação de fundo.
- 9) () Para detecção e segurança se utilizam em vários locais os detectores de radiação com o objetivo de quantificar o nível de radiação de uma área.

Resolva agora as questões abaixo, expressando seus cálculos e raciocínios:

- 10) O elemento plutônio (Pu) apresenta um de seus isótopos com 94 prótons e 148 nêutrons. Se a partir do átomo desse isótopo houver a emissão de uma partícula alfa, qual será o número de prótons e o de nêutrons do átomo resultante?
- 11) O estrôncio-90 apresenta uma **meia-vida** de 30 anos. Partindo de uma amostra de 40 gramas, qual o tempo necessário para restar apenas 10 gramas de estrôncio-90?
- 12) A partir do trabalho realizado por você, descreva a utilidade de um **radioisótopo** estudado e também a aplicação medicinal do mesmo. Caso você não se lembre do seu radioisótopo, pode utilizar outro exemplo apresentado em aula pelos colegas.

Obrigado.

APÊNDICE 3

Questionário Final – Disciplina de Química Aplicada (Radiologia)

Nome: _____

Sou estagiário do curso de Licenciatura em Química e realizarei estas perguntas para avaliar as aulas até aqui. Para as questões 1 a 9 classifique-as em V (verdadeiras) ou F (falsas), justificando três verdadeiras e três falsas.

- 1) () A emissão de radiação em determinados isótopos deve-se à instabilidade da eletrosfera destes átomos, ou seja, é um fenômeno que ocorre com os elétrons.
- 2) () As partículas alfa, beta e gama são radiações de baixa energia, visto que são barradas pela fina camada de pele.
- 3) () É possível identificar dois tipos de reações nucleares: as reações de fissão (utilizadas para obtenção de energia em reatores nucleares) e as reações de fusão (que ocorre no Sol).
- 4) () Nas reações nucleares não existe a conservação da massa e da energia e com isso não é possível identificar uma relação de desintegrações entre os núcleos pai e filho.
- 5) () A meia-vida física de um radioisótopo é definida como o tempo necessário para que metade dos núcleos de uma determinada amostra se desintegre. Já a meia-vida biológica se relaciona com a interação do radioisótopo com o organismo.
- 6) () A radiação de fundo é a radiação emitida por radioisótopos presentes naturalmente no ambiente e também pelos raios cósmicos.
- 7) () Para que ocorra a detecção da radiação é necessária a interação da radiação com o meio detector. Neste caso a geração de íons ou emissão de luz é necessária para quantificação da radiação.
- 8) () Os principais conhecimentos relacionados aos efeitos biológicos das radiações são conhecidos com base nos acidentes nucleares e experiências com cobaias.
- 9) () Os alimentos irradiados para conservação, emitem radiação depois deste processo.

Responda as questões abaixo, conforme sua opinião ou seu entendimento sobre esses conceitos.

10) O que é radioatividade?

11) Porque os radioisótopos são importantes?

12) Qual sua opinião sobre a sequência de aulas ministradas pelo estagiário, essas foram eficientes na aquisição de novos conhecimentos?

Obrigado.