

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

André Luis Andrejew Ferreira

**Processos Cognitivos na Diferenciação e Aplicabilidade dos
Conceitos de Equação
e Função na Físico-Química**

Porto Alegre
2010

André Luis Andrejew Ferreira

**Processos Cognitivos na Diferenciação e Aplicabilidade dos
Conceitos de Equação
e Função na Físico-Química**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador:
Prof. Dr. Milton Antônio Zaro

Coorientador:
Prof. Dr. Marcus Vinicius de Azevedo Basso

Linha de Pesquisa: Paradigmas para a Pesquisa sobre o Ensino Científico e Tecnológico

Porto Alegre
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion

Diretor do CINTED: Profa. Rosa Maria Vicari

Coordenador do PPGIE: Prof. José Valdeni de Lima

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

F383p Ferreira, André Luis Andrejew

Processos cognitivos na diferenciação e aplicabilidade dos conceitos de equação e função na físico-química / André Luis Andrejew Ferreira; orientador: Milton Antonio Zaro; coorientador: Marcus Vinicius de Azevedo Basso. Porto Alegre, 2010.

98 f. + Anexos.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, 2010, Porto Alegre, BR-RS.

1. Aprendizagem significativa. 2. Ambiente virtual. 3. Subsúncios. 4. Mapa conceitual. 5. Interdisciplinaridade. 6. Matemática. 7. Física. 8. Química. 9. Ausubel. David Paul. 10. Gowin, D. Bob. I. Zaro, Milton Antonio. II. Basso, Marcus Vinicius de Azevedo. III. Título.

CDU – **371.694:681.3:53:54**

André Luis Andrejew Ferreira

**Processos Cognitivos na Diferenciação e Aplicabilidade dos
Conceitos de Equação
e Função na Físico-Química**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Aprovada em 08 jan. 2010.

Prof. Dr. Milton Antônio Zaro – Orientador

Prof. Dr. Marcus Vinicius de Azevedo Basso – Coorientador

Profa. Dr. Dante Augusto Couto Barone – UFRGS

Prof. Dr. José Claudio Del Pino – UFRGS

Profa. Dra. Carla Gonçalves Rodrigues – UFPel

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para que eu pudesse realizar este trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela minha completa formação, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação.

À Universidade Federal de Pelotas que propiciou a realização dessa pesquisa, e a professora Irene Teresinha Santos Garcia, coordenadora do curso de Química que permitiu o trabalho na sua disciplina.

A todos os educadores com que tive a felicidade de cruzar em meu caminho.

A todos os meus alunos por contribuírem para meu crescimento profissional.

Aos professores membros da banca examinadora pela avaliação e contribuição para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao Professor Milton Antônio Zaro, pela orientação, incentivo e confiança recebidos durante a execução deste trabalho.

Um agradecimento todo especial aos meus pais Vilsson e Olga, as minhas irmãs, Ana Cristina e Andrea, e aos demais familiares, que sempre souberam estar a meu lado, sofrendo ou vibrando comigo.

E com carinho especial a minha esposa, amor da minha vida, que sempre me apoiou, principalmente nas minhas ausências, e também com sua contribuição.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo investigar a compreensão dos conceitos de equação e função que serão aplicados na disciplina de Física-Química I do Curso de Química da UFPel. Para isso foram usados como fundamentação teórica o conceito de aprendizagem significativa de Ausubel, Mapas Conceituais e a Epistemologia do “Vê” de Gowin. Também foram utilizados os conceitos matemáticos de equação e função aplicados à Química, assim como a análise e o levantamento de ferramentas computacionais disponíveis na internet e as suas características em termos de aplicabilidade na área do ensino. Para a realização dessa pesquisa se fez uso de pré-testes com os alunos, visando identificar a existência dos subsunçores, assim como, a elaboração de mapas conceituais sobre os conhecimentos matemáticos exigidos na disciplina, particularmente, na Equação dos Gases Ideais. Os resultados foram analisados e permitiram o desenvolvimento de um objeto virtual de aprendizagem que privilegia o uso de equação e função matemática na Química. O objeto virtual de aprendizagem possibilita ao aluno o processo de interação, buscando desenvolver a sua aprendizagem, assim como elementos que promovam a interdisciplinaridade entre a Matemática e a Química. A interdisciplinaridade privilegiará a aplicabilidade de conceitos matemáticos na Equação dos Gases Ideais, especificamente na disciplina de Físico-Química I.

Palavras-chave: **Aprendizagem significativa. Ambiente virtual. Subsunçores. Mapa conceitual. Interdisciplinaridade. Matemática. Física. Química. Ausubel, David Paul. Gowin, D. Bob.**

ABSTRACT

The present work has the objective of investigating the comprehension of the concepts of equation and function that will be applied in the Physics Chemistry subject I from the Chemistry Graduation Course at the UFPel. For that, Ausubel concept of meaningful learning, conceptual maps and the “V” epistemology were used as theoretical background. Besides, the mathematical concepts of equation and function applied to Chemistry were considered and also the analysis and the research of computational tools available on the internet and their characteristics related to the applicability in the teaching area. During the construction period of this research, some pre tests with the students were applied with the purpose of identifying the subsumers as well as the elaboration of the conceptual maps about the mathematical knowledge needed for the subject, mainly for the ideal gas equation. The results were analyzed and they allowed the development of a learning virtual object which privileges the use of mathematical equations and functions inside Chemistry. The virtual object allows the student to get into the interaction process searching the development of his learning process as well as elements which promote the interdisciplinarity between Mathematics and Chemistry. Interdisciplinarity will privilege the applicability of mathematical concepts in the Ideal Gas Equation, mainly in the Physics Chemistry Subject I.

Keywords: Meaningful learning. Virtual environment. Subsumers. Conceptual map. Interdisciplinarity. Mathematic. Physic. Chemistry. Ausubel, David Paul. Gowin, D. Bob.

LISTA DE ABREVIATURAS

IES – Instituições de Ensino Superior

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFPEl – Universidade Federal de Pelotas

ULBRA – Universidade Luterana do Brasil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Subsunçor.....	22
Figura 2 – Relação Entre os Tipos de Aprendizagem e Tarefas	25
Figura 3 – Visão Geral dos Fenômenos Térmicos	28
Figura 4 – O “Vê” Epistemológico de Gowin	30
Figura 5 – Equação dos Gases Ideais e o Vê Epistemológico	32
Figura 6 – Representação da Interdisciplinaridade: Química x Matemática	33
Figura 7 – Usina: Leis dos Gases	41
Figura 8 – Simulador de um Gás Ideal – MERLOT	42
Figura 9 – Descrição de um problema no <i>CCP</i>	43
Figura 10 – <i>Graphmatica</i>	45
Figura 11 – Planilha Eletrônica <i>Excel</i>	46
Figura 12 – <i>Origin</i>	47
Figura 13 – <i>Modellus</i>	48
Figura 14 – Mapa Conceitual	73
Figura 15 – Mapa Conceitual	74
Figura 16 – Mapa Conceitual	75
Figura 17 – Mapa Conceitual	76
Figura 18 – Mapa Conceitual	77
Figura 19 – Mapa Conceitual	78
Figura 20 – Tela Inicial do Simulador	80
Figura 21 – Transformação Isobárica.....	81

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1 – Comparação Entre as Turmas: respostas corretas.....	71
Gráfico 2 – Comparação Entre as Turmas: respostas incorretas.....	72
Tabela 1 – Relação Entre Hipóteses, Conceitos e Metodologia.....	54
Tabela 2 – Respostas da 2ª Parte do Pré-teste.....	68
Tabela 3 – Resumo das Habilidades.....	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 O CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA E A RELAÇÃO COM A BASE MATEMÁTICA.....	14
1.2 MOTIVAÇÃO PARA O PRESENTE TRABALHO.....	18
1.3 QUESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	19
1.4 OBJETIVOS.....	20
1.4.1 Objetivo Geral do Trabalho	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	21
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
2.1.1 Evidência da Aprendizagem Significativa	23
2.1.2 Tipos de Aprendizagem	24
2.1.3 Processo da Aprendizagem Significativa	26
2.1.4 Mapas Conceituais	27
2.2 EPISTEMOLOGIA DE GOWIN.....	29
2.3 INTERDISCIPLINARIDADE.....	32
2.4 ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA I.....	34
2.4.1 Softwares Disponíveis	35
2.4.2 Materiais Instrucionais Online e CD-ROM	39
2.5 ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA I NA UFPel.....	44
2.6 ENSINO DE MATEMÁTICA NA QUÍMICA.....	48
3 METODOLOGIA	51
4 RESULTADOS	55
4.1 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (PILOTO – TURMA 2008/2).....	55
4.2 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (TURMA 2009/2).....	58
4.2.1 Detalhamento das Respostas do Pré-teste	59
4.2.1.1 Resultados da Questão 1.....	59
4.2.1.2 Resultados da Questão 2.....	61
4.2.1.3 Resultados da Questão 3.....	62
4.2.1.4 Resultados da Questão 4.....	64

4.2.1.5 Resultados da questão 5.....	66
4.2.2 Análise do Pré-Teste.....	70
4.3 MAPAS CONCEITUAIS.....	72
4.4 SIMULADOR GRÁFICO.....	79
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	83
5.1 ORGANIZADORES AVANÇADOS NA FÍSICO-QUÍMICA I.....	83
5.1.1 As Operações no Conjunto dos Números Reais.....	83
5.1.2 Abordagem dos Logaritmos.....	85
5.1.3 Grandezas Diretamente Proporcional e Inversamente Proporcional.....	87
5.1.4 Equações e Funções.....	89
5.2 ANÁLISE GERAL DO PROCESSO.....	90
6 CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA.....	92
REFERÊNCIAS.....	95
ANEXOS.....	99
ANEXO A – Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos.....	99
ANEXO B – Aula Prática no Laboratório.....	101
ANEXO C – Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos.....	104
ANEXO D – Mapas Conceituais Iniciais.....	114
ANEXO E – Exemplos das Transformações com o Simulador.....	128

1 INTRODUÇÃO

1.1 O CONTEXTO DO ENSINO DE QUÍMICA E A RELAÇÃO COM A BASE MATEMÁTICA

O ensino de disciplinas da área de ciências exatas tem sido nos últimos tempos tema de discussão por exigir dos alunos um conhecimento de grau elevado de abstração. Tais disciplinas como Biologia, Física, Matemática e Química possuem como pré-requisitos a compreensão de conceitos mínimos para o ingresso no ensino superior. Onde, por sua vez, necessitam um bom entendimento, pois é exigida a aplicabilidade desses conceitos em cada uma das respectivas áreas no ensino superior.

A realidade do ensino de disciplinas básicas, no início de um curso de graduação na área de ciências exatas, é que possuem na sua grade curricular disciplinas tais como Cálculo, Álgebra Linear, Geometria Analítica, Equações Diferenciais, Estatística e Física Geral. À medida que o aluno avança no seu Curso de Graduação e atingem as disciplinas mais específicas, que possuem como pré-requisitos as disciplinas citadas acima, a situação fica mais complexa, pois começa a ser cobrada a aplicabilidade dos conceitos vistos anteriormente. No contexto geral, independentemente da Graduação, o aluno encontra dificuldades para relacionar e entender os conceitos necessários na observação de um determinado experimento.

A partir dessa problemática, as instituições de ensino superior ou suas unidades começam a desenvolver projetos ou cursos na tentativa de sanar essas deficiências. O Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) oferece um Curso de Extensão chamado de Pré-Cálculo, visando propiciar uma experiência que facilite a transição do ensino médio para a Matemática de nível superior, em especial para o Cálculo, incentivando a autonomia e a autocrítica do estudo e a superação das dificuldades. Prioritariamente, são atendidos os alunos que obtiveram menos de dezesseis acertos na prova de Matemática no concurso vestibular da UFRGS. Nessa faixa de acertos, estudos estatísticos comprovaram que o desempenho na disciplina de Cálculo é fortemente dependente da participação efetiva no curso de Pré-Cálculo. Outras Instituições de Ensino Superior (IES), como a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do

Sul (PUCRS) e a Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) oferecem nas suas unidades, Faculdades e Centros, disciplinas regulares de Graduação com o mesmo objetivo que o Instituto de Matemática da UFRGS.

Mesmo com a situação descrita anteriormente, o aluno, ainda assim, encontra dificuldades para compreender a aplicabilidade de conceitos de matemática nas disciplinas que exigem os pré-requisitos já citados.

A ideia central foi realizar uma pesquisa na disciplina de Físico-Química I do curso de Química na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), visto que a mesma requer uma compreensão de conceitos de Cálculo, que por sua vez serão aplicados aos conteúdos programáticos previstos pela ementa.

O Curso de Química da UFPEL, situado na cidade de Capão do Leão, no Instituto de Química e Geociências, oferece duas linhas de formação específica: Bacharelado em Química e Licenciatura em Química, e ambas possuem na sua grade curricular a disciplina de Físico-Química I.

O curso de Bacharelado em Química tem por objetivo contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico regional e nacional através do preparo de profissionais com formação científica de qualidade na área de Química. O curso de Licenciatura prevê que o professor seja um agente do desenvolvimento e da integração com a comunidade. Para isso, é importante o acesso às informações atualizadas sobre as potencialidades e limitações da região em que esse profissional atuará, em especial da Região Sul do Rio Grande do Sul, conforme a proposta do projeto pedagógico do curso.

As disciplinas oferecidas estão estruturadas em formação básica, compreendendo as áreas de Matemática, Estatística, Física, Informática e Química Geral, e de formação profissional estruturada em cinco diferentes áreas: Química Orgânica, Química Analítica, Química Inorgânica, Físico-Química e Química Tecnológica. Além de estágio supervisionado e monografia da conclusão de curso.

Na grade curricular do referido curso, constam, entre outras matérias, Álgebra Linear e Geometria Analítica, Cálculo A, Cálculo B, Cálculo C, Estatística Básica e Equações Diferenciais Ordinárias, sendo essas as que fundamentam os conceitos aplicados desenvolvidos nas disciplinas de formação profissional. Especificamente, esse trabalho se apoiou na disciplina de Físico-Química I, oferecida no quarto semestre do currículo atual, onde supostamente os alunos deverão ter atingido

cinquenta por cento do curso, isto é, completam noventa e seis créditos das disciplinas obrigatórias, onde são previstos um total de oito semestres, resultando em cento e oitenta e oito créditos.

A disciplina de Físico-Química I possui como pré-requisito a disciplina de Cálculo B da área de Matemática, isto é, supõe-se que o aluno já deverá ter cursado Álgebra Linear e Geometria Analítica, Cálculo A, Cálculo C e Estatística Básica. Especificamente no caso de Cálculo A e Cálculo B, estudam-se funções de uma variável real, limite, continuidade, derivada, aplicações geométricas e físicas da derivada, integral indefinida, integral definida, integrais impróprias, séries numéricas e de funções, e também uma introdução às funções de mais de uma variável real.

A disciplina de Físico-Química I possui na sua ementa os seguintes conceitos:

- Sistemas Físico-Químicos: descrição fenomenológica de gases, líquidos e sólidos;
- Termodinâmica clássica de equilíbrio;
- Equilíbrio de fases em sistemas de uma componente;
- Expressão de incerteza de medida;
- Pesquisa na área de físico-química.

Os conteúdos descritos acima objetivam, de forma geral, fornecer ao aluno subsídios para o desenvolvimento dos princípios fundamentais da termodinâmica química clássica de equilíbrio, bem como as inter-relações em outras áreas da química. Os objetivos específicos são preparar os estudantes para elaborar os conceitos adquiridos na forma de relato de suas experiências, explorando as suas capacidade de interpretar os resultados experimentais, apresentar a termodinâmica clássica de equilíbrio, estabelecendo as diferenças entre o pensamento indutivo e dedutivo, trabalhar os conhecimentos adquiridos de forma interdisciplinar, proporcionar a análise crítica do fazer ciência e dos modelos apresentados e explorar os experimentos, enfatizando suas limitações e discutindo fontes de incerteza.

A proposta deste trabalho foi acompanhar o processo cognitivo na diferenciação e aplicabilidade dos conceitos de equação e função na química, para isso foram buscadas maiores informações junto à coordenação do Curso de Química da UFPel, onde, através de observações empíricas da coordenadora, foi constatada a necessidade, em linhas gerais, de mostrar a aplicabilidade da

Matemática, especificamente, os conceitos de equações e funções na disciplina de Físico-Química I. Foram relatadas as dificuldades observadas em experiências de laboratórios, onde os alunos tentavam interpretar resultados de um determinado problema prático, realizar a análise gráfica, resolver de equações ou problemas que envolvem os conceitos de logaritmos e exponenciais, ajuste de curvas e interpolação. Para verificar as limitações dos alunos, também foi coletada a opinião da professora responsável pelo departamento de Físico-Química do Instituto de Química da UFRGS. Ela citou problemas semelhantes e falou da necessidade de reverter esse processo criando alternativas para resolvê-las.

Pesquisadores no país, tais como, Anastasiou e Alves (2006) e Moran, Behrens e Masseto (2003) apontam a necessidade e a preocupação em mudar o processo de transmissão do conhecimento no ensino superior através de um novo paradigma de ensino. Esse processo de mudar a maneira do ensino de nível superior foi realizado nessa pesquisa de maneira experimental nas atividades desenvolvidas em laboratório. As aulas contaram com a presença de dois professores, um de Química e outro de Matemática. Na disciplina de Físico-Química I, as metodologias utilizadas em sala de aula foram: a aula expositiva dialogada, estudo dirigido e a resolução de problemas.

A utilização de modelos matemáticos ilustra uma nova forma de encarar a matemática, que pode ser tomada tanto como um método científico de pesquisa como uma estratégia de ensino-aprendizagem, conforme Biembengut e Hein (2003). A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real, conforme Bassanezi (2002). As vantagens do emprego da modelagem em termos de pesquisa podem ser constatadas nos avanços obtidos em vários campos, como a Física, a Química, a Biologia e a Astrofísica.

A modelagem pressupõe multidisciplinaridade, sendo assim, vai ao encontro das novas tendências que apontam para a remoção de fronteiras entre as diversas áreas de pesquisa. Tais como, a participação de professores de áreas distintas.

O projeto pedagógico do Curso de Química da UFPel destaca a seguinte competência e habilidade na formação do profissional.

[...] habilidade em matemática para compreender conceitos de Química e de Física para desenvolver formalismos que unifiquem fatos isolados e modelos quantitativos de previsão, com o objetivo de compreender modelos probabilísticos teóricos, e de organizar, descrever, arranjar e interpretar resultados experimentais, inclusive com auxílio de métodos computacionais. (UNIVERSIDADE, 2008, p. 13).

Realizou-se uma busca por trabalhos relacionados que explorem a aplicabilidade dos conceitos de equações e funções na química, mais especificamente com a disciplina de Físico-Química I, mas não foi encontrada qualquer referência com a abordagem que será desenvolvida. Existe o trabalho de pesquisa, que encontra-se em fase de desenvolvimento, o qual aborda a confecção de uma atividade de ensino de Físico-Química, que mescla fundamentação histórica, conceitos teóricos com visualização gráfica de orbitais atômicos e moleculares utilizando programação com a ferramenta *Maple* de autoria de Magnago, Mendes e Martins (2007). Verificou-se, também, na pesquisa de Almeida e Borssoi (2003), referência à aprendizagem significativa nas produções dos alunos quando estes resolvem situações-problema relacionadas à área da química básica, observadas através do uso de mapas conceituais utilizados no ensino. A aprendizagem significativa e os mapas conceituais foram utilizados no decorrer desse trabalho, no qual também está descrito o ensino da disciplina de Física-Química I.

1.2 MOTIVAÇÃO PARA O PRESENTE TRABALHO

A proposta desse trabalho parte do pressuposto que os alunos, mesmo com deficiências trazidas na sua formação conceitual do ensino médio, possuem os pré-requisitos básicos, que são necessários como ponto de partida para a realização dessa pesquisa tais como, noções do conceito de equações e funções matemáticas. Sobre esses pré-requisitos, Ausubel (1968) fundamenta a teoria chamada de aprendizagem significativa que será usado como referencial teórico e descrito no decorrer desse trabalho.

O estudo proposto visa observar os conceitos da aprendizagem significativa a partir de problemas e experimentos de laboratório na disciplina de Físico-Química I, quando os alunos do Curso de Química necessitam fazer uso dos conceitos de equações e funções para analisar e interpretar resultados com auxílio de ferramenta gráfica. Foram observadas, através de pré-testes, as mudanças no processo

cognitivo dos alunos ao interpretar resultados no escopo da disciplina. Utilizou-se como reCurso a gravação de uma aula teórica em vídeo para observar o comportamento dos alunos diante das situações problemas propostas pela professora da disciplina. Ainda, foi aplicado o reCurso de Mapas Conceituais para buscar evidências de aprendizagem significativa nos alunos no decorrer da pesquisa. A gravação, os Mapas Conceituais, e os resultados do pré-teste forneceram subsídios para a modelagem de um objeto virtual de aprendizagem, isto é, um simulador gráfico para a lei dos gases ideais.

Ao término da pesquisa, mostrou-se a importância do estudo de conceitos matemáticos aplicados na disciplina de Físico-Química I, que contribui na aquisição de habilidades e competências necessárias à formação profissional.

1.3 QUESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Atualmente a necessidade de modificar alguns paradigmas, como o ensino tradicional, mostrar a aplicabilidade de conceitos, verificar a aprendizagem, relacionar áreas afins, elaborar modelos, analisá-los a fim de interpretá-los foram ao encontro das habilidades e competências previstas no plano pedagógico do Curso. Associado a isso, foi utilizado o embasamento teórico de Ausubel (2003), como a verificação da existência dos subsunçores, Bassanezi (2002), Biembengut e Hein (2003), com a modelagem de problemas, Moreira (2006), onde se faz uso dos mapas conceituais e Gowin (1970) com o “Vê” Epistemológico que permite verificar o domínio conceitual e metodológico, participação dos alunos da disciplina de Físico-Química I nos semestres de 2008/2 e 2009/2 do Curso de Química da UFPel. São propostos as seguintes questões gerais para essa pesquisa:

a) Será possível observar os conceitos de aprendizagem significativa a partir do uso de ferramentas computacionais e ou construir um objeto de aprendizagem virtual apoiado em situações problemas a serem propostos no laboratório de Química quando alunos do Curso solucionam equações, elaboram gráficos de forma manual, e necessitam analisar e ou interpretar os resultados confrontando com a teoria?

b) A utilização de mapas conceituais pode contribuir na verificação de evidências de aprendizagem significativa no uso de conceitos matemáticos?

c) O uso de pré-testes, testes durante o processo, entrevistas semi-estruturadas, gravação de aulas (áudio e vídeo) para observar o comportamento frente aos problemas propostos são instrumentos eficientes para identificar o conhecimento adquirido e necessário para a formação do aluno?

1.4 OBJETIVOS

Os objetivos a serem atingidos nesse trabalho são descritos abaixo.

1.4.1 Objetivo Geral do Trabalho

O objetivo geral do trabalho é verificar e investigar o processo cognitivo em desenvolvimento na aquisição do conceito de equação e função aplicados à disciplina de Físico-Química I. Para isso, será utilizado como fundamentação a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e um simulador gráfico, que foi desenvolvido no decorrer deste trabalho, para verificar a análise e a interpretação gráfica da Equação dos Gases Ideais.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) Analisar e adaptar o conceito de aprendizagem significativa para as necessidades da disciplina Físico-Química I;

b) Desenvolver conhecimento estabelecendo relações entre o processo do uso de conceituação matemática e a teoria da aprendizagem significativa;

c) Comparar o processo de desenvolvimento dos alunos no início e na fase final da pesquisa, analisando as situações problema vivenciadas na sala de aula para verificar mudanças nas categorias: i) capacidade de reconhecer e de definir problemas; ii) capacidade de equacionar soluções; iii) capacidade de pensar e relacionar com os conceitos; iv) capacidade de analisar e interpretar as diversas situações propostas na sala de aula;

d) Observar na produção de mapas conceituais iniciais e finais mudanças no conceito de aprendizagem significativa na realização das atividades de sala de aula

e laboratório, evidenciando a conscientização dos alunos acerca do uso de conceitos matemáticos aplicados para sua formação profissional;

e) Modelar um objeto de aprendizagem virtual para o estudo da equação dos gases ideais utilizando a ferramenta *Flash*;

f) Acompanhar o processo de aprendizagem utilizando o objeto virtual.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos, inicialmente dividido em Introdução, que relata o contexto do ensino de Química e a relação com a matemática, a motivação para esse trabalho, as questões para o desenvolvimento da pesquisa, o objetivo geral e os específicos. No capítulo seguinte é descrita a fundamentação teórica utilizada na pesquisa, sendo abordado a Teoria da Aprendizagem Significativa, a Epistemologia de Gowin, a Interdisciplinaridade, o ensino de Físico-Química I, o ensino da disciplina na UFPel e o ensino de Matemática na Química. No capítulo três a metodologia. No capítulo quatro encontra-se o relato dos resultados sobre o pré-teste, a sua análise, os Mapas Conceituais elaborados pelos alunos e o simulador desenvolvido durante essa pesquisa. No capítulo seguinte foi realizada a análise dos resultados, nas quais foram abordados os organizadores avançados na Físico-Química I, assim como a sua relação com as questões conceituais matemáticas. No sexto capítulo são apresentadas as conclusões e a continuidade da pesquisa. E, por fim, a bibliografia utilizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para desenvolver essa pesquisa de tese de doutorado foram escolhidas como fundamentação teórica os principais conceitos da Aprendizagem Significativa, tais como subsunçores, organizadores avançados, a Epistemologia de Gowin, para verificar a relação da interdisciplinaridade no ensino e as suas implicações, a disciplina Físico-Química I, para observar o uso dos conceitos matemáticos de Equação e Função na Lei dos Gases Ideais, assim como para interpretar e analisar os problemas propostos em sala de aula e laboratórios.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa parte do pressuposto do conhecimento que o estudante possui para usá-lo como meio de inserir novos conhecimentos na sua estrutura cognitiva, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Moreira (1999). Para Ausubel (2003), os pontos fundamentais para a aprendizagem significativa possuem como ator central o próprio aluno, que aprende quando encontra sentido no conceito assimilado e através das hierarquias conceituais, que podem ser entendidas como a associação ou combinação dos novos conceitos aos já existentes na estrutura cognitiva. No contexto desse trabalho, os discentes possuem conceitos de equação e função. A partir dessa conceituação, serão inseridos novos conceitos, como, por exemplo, a equação dos gases ideais, assim como a representação gráfica das transformações.

O meio para inserção de novos conceitos na aprendizagem significativa, Ausubel (1968) define como subsunçor. Os subsunçores funcionam como um ponto de apoio para se agregar o novo conhecimento derivando um novo subsunçor. A figura abaixo ilustra essa conceituação.



Figura 1 – Subsunçor
Fonte: Autor

O processo inicial para a verificação da aprendizagem significativa é identificar a existência dos subsunçores. Para isso, Moreira (1999) sugere a realização de um pré-teste para verificar a existência dos subsunçores necessários. O pré-teste é constituído de questões relativas ao conteúdo que se pretende verificar o nível de conhecimento que o aluno possui. Com uma análise no rendimento do dele no pré-teste, pode-se concluir se possui os subsunçores necessários ou não. Nesse último caso, Ausubel (2003), recomenda o uso dos organizadores avançados.

Os organizadores avançados, definidos por Ausubel (1968), são um meio para facilitar a aprendizagem relativa ao conhecimento que o aluno já possui e aquilo que precisa saber, antes da tarefa ser apresentada.

No contexto desse trabalho, pretende-se disponibilizar um material de apoio para preparar o aluno antes da realização das atividades da disciplina de Físico-Química I. O material de apoio possui questões relativas aos conceitos que o aluno possui, mas não consegue realizar um relacionamento com as novas ideias a serem inseridas na sua estrutura cognitiva.

Segundo Ausubel (1968), a aprendizagem significativa pressupõe que:

- O conceito a ser aprendido seja relacionável ao conhecimento que o aluno possui de forma não-arbitrária e substantiva;
- O aluno tenha disposição de relacionar esse novo conceito de forma não-arbitrária e substantiva a sua estrutura cognitiva.

De um modo geral, para Ausubel (1968), o armazenamento das informações na estrutura cognitiva de cada pessoa é um processo organizado, formando uma hierarquia conceitual onde conceitos específicos são assimilados por conceitos gerais. Portanto, a estrutura cognitiva significa uma estrutura hierárquica de conceitos.

2.1.1 Evidência da Aprendizagem Significativa

Para Ausubel (1968) e Moreira (1982), a compreensão de um determinado conceito implica diretamente posse de significados específicos e transferíveis. Para verificar a evidência da aprendizagem significativa deve-se propor questões e problemas que sejam novos ou, também, tarefas de aprendizagem sequencialmente dependentes uma da outra, pois a exigência será o domínio do conhecimento sobre

a precedente. Outra estratégia é solicitar aos alunos que diferenciem ideias relacionadas, mas não idênticas, que possibilitem identificar os elementos de um determinado conceito relacionados a outros conceitos similares.

Nas considerações sobre a evidência da aprendizagem acima, Moreira (1982) cita Ausubel (1968) para evitar o processo da simulação, no qual os alunos podem memorizar determinados conceitos, exemplos, fórmulas e maneiras de resolver problemas.

2.1.2 Tipos de Aprendizagem

Na aprendizagem significativa, a formação de conceitos é um processo contínuo, que estabelece uma ligação não-arbitrária e substantiva com a informação pré-existente. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 48), “[...] a nova informação liga-se a um conceito ou proposição relevante.”

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) classificam diferentes tipos de aprendizagem a fim de categorizar as tarefas desenvolvidas em sala de aula. Para isso são definidos cinco tipos de aprendizagem:

- Aprendizagem automática;
- Aprendizagem orientada para a descoberta;
- Aprendizagem por descoberta autônoma;
- Aprendizagem por recepção;
- Aprendizagem significativa.

A aprendizagem automática ou mecânica é definida por Ausubel (1968) como sendo a assimilação de novas informações com pouca ou nenhuma associação com os conceitos existentes na estrutura cognitiva. Por sua vez, a aprendizagem orientada para a descoberta define que o conteúdo a ser entendido não é dado, e cria-se uma situação que esse possa ser descoberto. Na aprendizagem por descoberta autônoma não é criada nenhuma situação, o aluno aprende por si mesmo. Na aprendizagem receptiva todo o conteúdo que será aprendido é apresentado ao aluno sob a forma final, Ausubel (2003).

As tarefas desenvolvidas em sala de aula podem ser relacionadas através de eixos ortogonais com os tipos de aprendizagem. Conforme proposta de Ausubel,

Hanesian e Novak (1968), no eixo horizontal situam-se a aprendizagem por recepção, a aprendizagem orientada para descoberta e a aprendizagem por descoberta, não possuindo relação entre ambas. Da mesma forma, os autores propõem no eixo vertical a aprendizagem automática e a aprendizagem significativa.

A aprendizagem receptiva e a aprendizagem por descoberta situam-se em diferentes pontos que podem ser relacionadas à aprendizagem automática ou a aprendizagem significativa pelas tarefas desenvolvidas em sala, conforme mostra a figura a seguir.

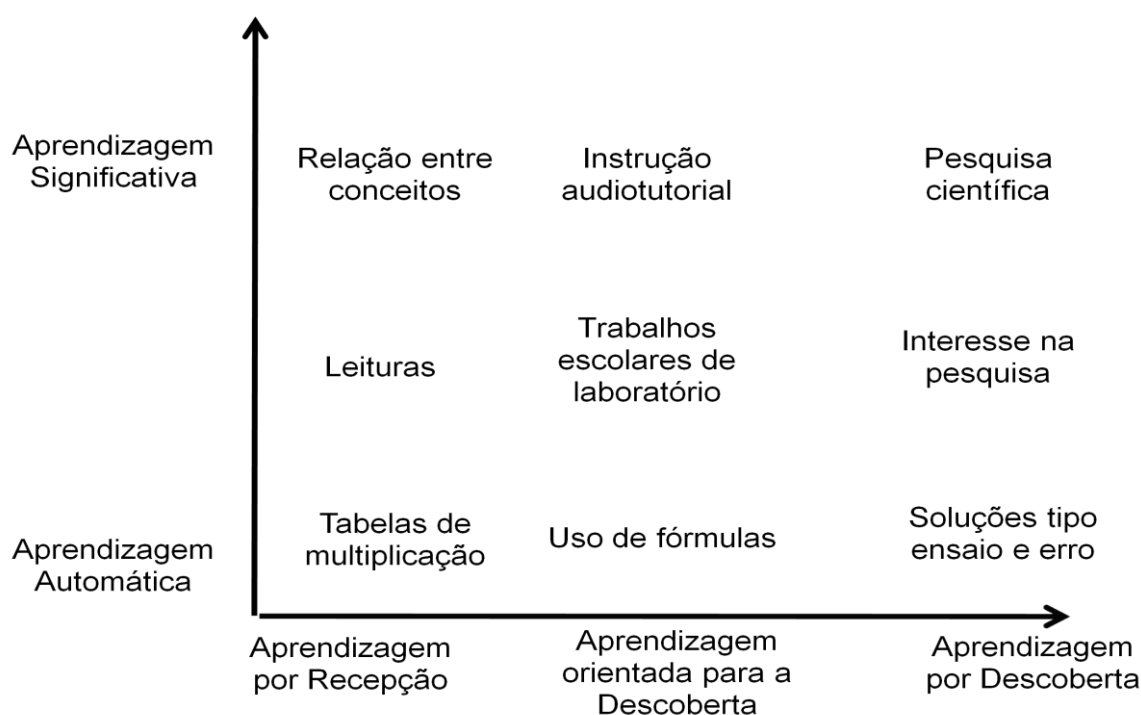


Figura 2 – Relação entre os Tipos de Aprendizagem e Tarefas
Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian (1968)

As tarefas permitem o relacionamento entre as aprendizagens dispostas nos eixos ortogonais. As aprendizagens situadas no mesmo eixo não possuem relação com as tarefas, como mostra a figura acima, Ausubel, Novak e Hanesian (1980).

Para Ausubel (2003), a aprendizagem só é significativa se os tipos de aprendizagens, descritos anteriormente, ligarem-se a conceitos subsunçores relevantes que já são existentes na estrutura cognitiva do aluno de forma não arbitrária. No enfoque desse trabalho, a aprendizagem é complementada com a inserção de novos conhecimentos possibilitando a compreensão de uma nova informação aplicada à área de Química com o suporte da Matemática. Parte-se do

pressuposto que os alunos, ao ingressarem na universidade, são possuidores de conhecimentos mínimos exigidos pelo vestibular.

2.1.3 Processo da Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa Ausubel (2003), Teixeira (2006) e Moreira e Masini (1982), se processa em três níveis. O primeiro nível se refere à aprendizagem de palavras, representações ou símbolos com seus significados específicos. O segundo nível de aprendizagem significativa refere-se aos conceitos, ou seja, às relações entre objetos, fatos ou ideias ligados por algo comum. No terceiro nível, mais complexo, está a aprendizagem de proposições, que estabelece relações entre as ideias expressas numa frase, a qual articula, numa unidade semântica, assimilando vários conceitos.

Segundo Ausubel (1968), o processo de aquisição e organização de conceitos na estrutura cognitiva se dá através do princípio da assimilação. A assimilação é um processo que ocorre quando um determinado conceito significativo é assimilado sob um conceito mais inclusivo, esse já existente na estrutura cognitiva. O processo de assimilação de novos conceitos possui como ponto de partida as ideias mais gerais para as ideias mais específicas, sugerindo assim uma hierarquia conceitual.

O planejamento que possibilita como ponto de partida os conceitos mais gerais para os mais específicos, Ausubel (2003) define como diferenciação progressiva. Na disciplina de Físico-Química parte-se do conceito de função para definir os tipos de transformações (isovolumétricas, isotérmicas e isobáricas), onde se detalha as respectivas especificidades.

O detalhamento de cada transformação, suas relações, similaridades e diferenças significativas, exploradas pelo material instrucional ou pela atividade de laboratório, Ausubel (2003) chama de reconciliação integrativa.

Cada disciplina acadêmica possui uma estrutura hierárquica organizada de conteúdos, conforme Ausubel (2003) e Moreira e Masini (1982), que podem ser utilizadas como um mapa de apoio ao ensino, pois fornecem subsídios para o desenvolvimento de conceitos mais gerais para os específicos.

2.1.4 Mapas Conceituais

Em um sentido amplo, mapas conceituais são diagramas indicando relações entre conceitos, conforme Moreira e Buchweitz (1993). O mapa conceitual estabelece a relação entre conceitos através de palavras-chave de forma não hierárquica. As palavras-chave podem ser frases curtas de ligação, verbos, proposições e também substantivos. Mais especificamente, reflete a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da estrutura conceitual de uma disciplina, podendo possuir, em princípio, duas ou mais dimensões.

Para Moreira e Buchweitz (1993), os mapas conceituais foram propostos como ferramentas úteis para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa, e também a potencialidade como instrumento de avaliação.

A dimensão dos mapas conceituais pode ser contextualizada por classificação. Sendo assim, mapas unidimensionais tendem a apresentar uma organização linear vertical dando uma visão grosseira dos conceitos de uma disciplina. Os mapas bidimensionais, por outro lado, tiram partido não só da verticalização, mas também da horizontalidade e, portanto, permitem uma representação mais completa das relações entre conceitos de uma disciplina ou um tópico específico.

Anastasiou e Alves (2006) sugerem o uso de Mapa Conceitual como estratégia de ensino em sala de aula. A justificativa se apoia nas operações de pensamento predominantes que possibilitam a interpretação, classificação, a crítica e a organização de dados conceituais de forma hierárquica.

Do ponto de vista instrucional, Moreira (1980) cita possíveis vantagens e desvantagens da utilização de mapas conceituais. Como vantagens aponta:

- Enfatiza a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento;
- Mostra que os conceitos de certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade;
- Provê uma visão integrada do assunto e uma espécie de “listagem” do que foi abordado nos materiais instrucionais.

Dentre as possíveis desvantagens, pode-se citar:

- Se o mapa não tem significado para os alunos, eles podem encará-lo apenas como algo mais a ser memorizado;
- Os mapas podem ser muito complexos ou confusos, o que pode dificultar a aprendizagem e a retenção, ao invés de facilitá-las;
- A habilidade dos alunos para construir suas próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função do fato de que já recebem prontas as estruturas propostas pelo professor.

Para exemplificar os mapas conceituais, é apresentado na figura abaixo o mapeamento do conteúdo referente a fenômenos térmicos, conforme Moreira (2006).

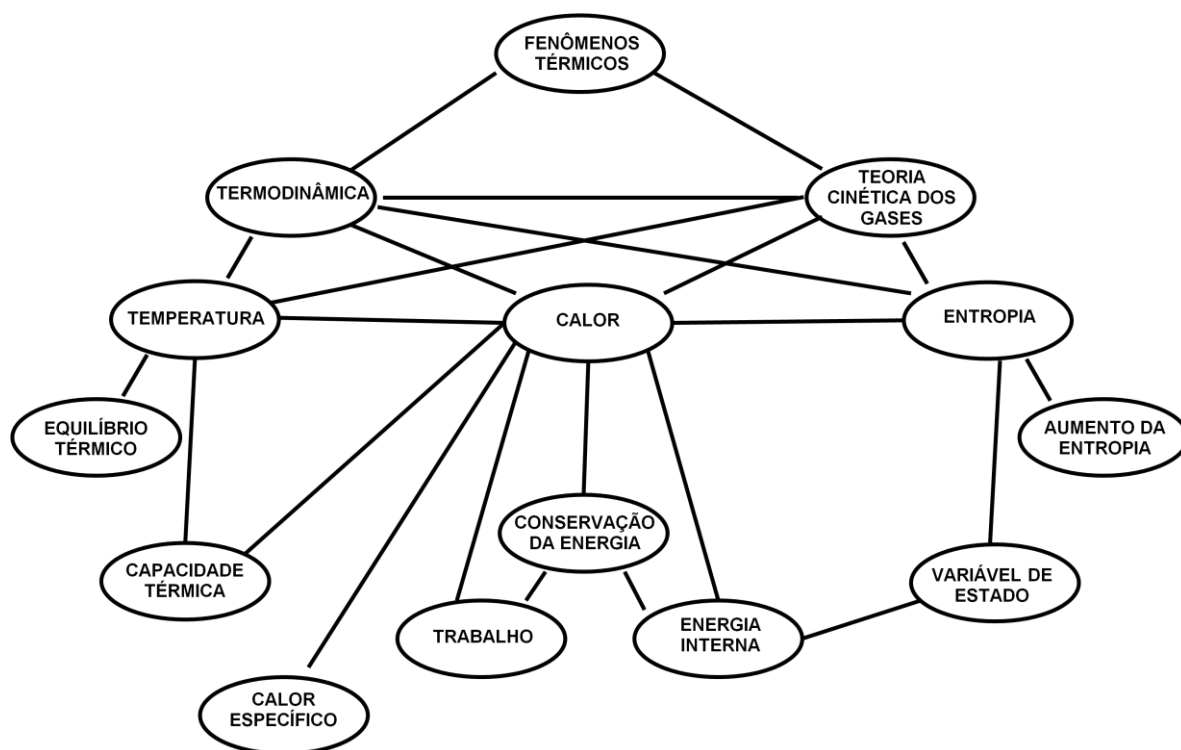


Figura 3 – Visão Geral dos Fenômenos Térmicos
Fonte: Moreira (2006)

2.2 EPISTEMOLOGIA DE GOWIN

O processo de investigação científica, segundo Gowin (1981), é a construção de uma estrutura de significados a partir de elementos básicos denominados eventos, objetos, fatos e conceitos. A ideia inicial é a seguinte: a partir da observação de um determinado evento ou objeto que ocorre de forma natural, ou ainda que seja provocado pelo observador, o procedimento de pesquisa relaciona conexões particulares entre os registros do evento em questão, as suas consequências derivadas do estudo desses registros, as asserções dadas pelas consequências e os conceitos, pelas definições utilizadas para interpretar, analisar a fim de se chegar a uma explicação deste evento ou objeto.

Conceitos são definidos, conforme Gowin (1970 e 1981), como signos ou símbolos que descrevem regularidades em eventos que utilizamos para executar uma ação como pensar, pesquisar, aprender, visando encontrar uma resposta aos eventos observáveis. Sistemas conceituais são conjuntos de conceitos logicamente ligados, permitindo um padrão de raciocínio ao relacionar conceitos entre si. Princípios e teorias podem ser interpretados como sistemas conceituais mais abrangentes. Para Gowin (1970), fato pode significar o próprio evento que ocorre naturalmente ou provocado pelo pesquisador ou observador. Também pode ser entendido como o registro do evento, ou ainda os fatos são asserções verbais ou matemáticas, baseadas nos registros dos eventos.

O processo de pesquisa, segundo a perspectiva de Gowin, é uma maneira de gerar estruturas de significados, conectando conceitos, eventos e fatos. A figura a seguir, mostra esta conexão como tendo a forma de um vé ligando eventos, na parte inferior, a conceitos e fatos em cada um dos lados.

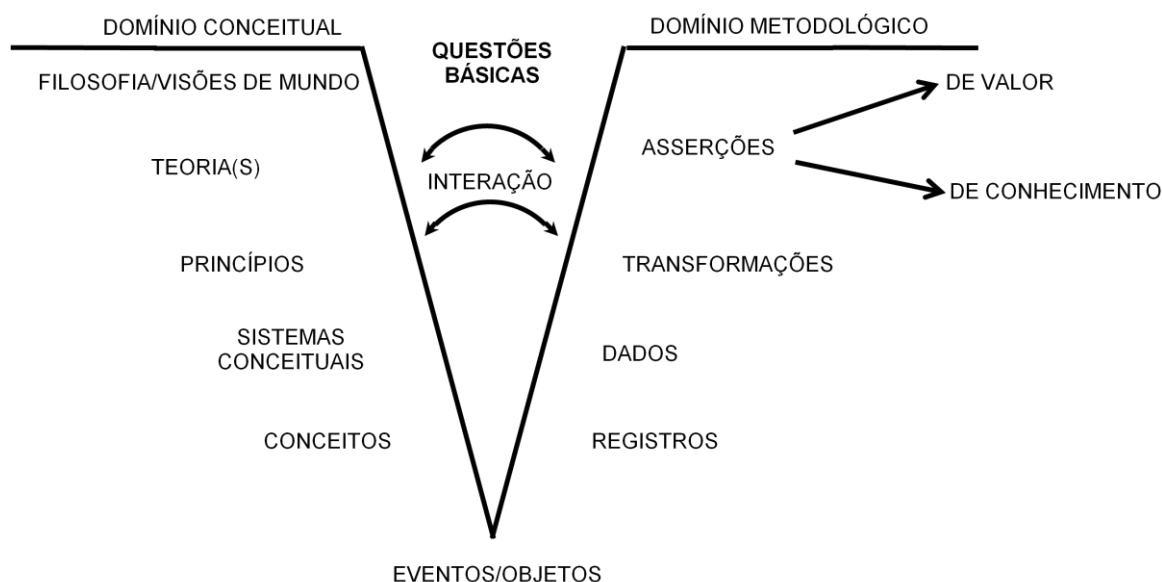


Figura 4 – O “Vê” Epistemológico de Gowin

Fonte: Moreira (2006)

O lado esquerdo se refere a conceitos e sistemas conceituais, chamado de domínio conceitual do processo de investigação, onde se situam os conceitos efetivos e os sistemas conceituais usados na pesquisa, os quais geram princípios e leis que, por sua vez, originam teorias. As teorias sustentam sistemas de valores, visões do mundo ou filosofia.

Na base do “Vê” estão os eventos que acontecem naturalmente ou que são provocados pelo pesquisador a fim de se obter registros através dos quais os fenômenos de interesse possam ser estudados. Certamente em algumas vezes o fenômeno de interesse é estudado através de objetos, nesse caso pode-se dizer que o evento é o objeto.

O lado direito do “Vê” é chamado de domínio fatural ou metodológico, pois nele se encontra a metodologia para a produção do conhecimento. A partir dos registros dos eventos chega-se a dados, os quais sofrem transformações para a formulação de asserções de conhecimento e de valor. As asserções de conhecimento podem ser entendidas como o conhecimento produzido e as respostas às questões investigadas. As asserções de valor se referem à valoração do conhecimento produzido. Resumindo, temos o lado esquerdo relacionado ao ato de pensar da pesquisa, enquanto o lado oposto seria o ato de fazer da pesquisa.

O processo de investigação é determinado pela interação dessas questões, conforme Gowin (1981), onde elas não determinam nenhuma ordem pré-

estabelecida, pois a construção do conhecimento pode originar-se de modos distintos.

Para Gowin (198, p. 34),

Um evento epistemológico relacionando eventos, fatos e conceitos com outros elementos de conhecimento é a heurística básica de trabalho denominada de *vê*, mais precisamente a base do *vê*. Através dessa heurística pode-se estabelecer regularidades fatuais, criar conceitos e estruturas teóricas, além de possibilitar a mobilidade entre diferentes níveis de significados gerados pelo evento.

O procedimento heurístico, segundo Gowin (1970 e 1981), para análise do processo de evolução do conhecimento é dado a partir de um conjunto de cinco questões:

1. Questão básica de pesquisa: Qual é a questão foco do trabalho?
2. Conceitos-chave e estrutura conceitual: Quais os conceitos-chave envolvidos no estudo?
3. Métodos: Quais os métodos usados para responder às questões básicas?
4. Asserções do conhecimento: Quais os resultados mais importantes do trabalho?
5. Asserções de valor: Qual o significado dos resultados encontrados?

Desse modo, a questão básica de pesquisa é a questão que organiza e direciona a maneira de pensar o problema, a percepção do que está transcorrendo, direcionando as ações a serem definidas, segundo Ferracioli (2006).

Os conceitos-chave são os conceitos envolvidos diretamente na questão básica vinculada à área de conhecimento da pesquisa, que, por sua vez, embasam o processo formando uma estrutura conceitual.

Os métodos são procedimentos adotados de modo a responder às questões básicas. Os métodos discretizam o planejamento de etapas, as técnicas que foram utilizadas, os dispositivos experimentais para a coleta de dados, amostragem e processo de análise, conforme Ferracioli (2006).

Os métodos permitem chegar às respostas das questões básicas, que nada mais são que as asserções de conhecimento. As asserções de conhecimento são as respostas às questões básicas levantadas na pesquisa ou no resultado do estudo. A

partir das asserções de conhecimento, determina-se o seu valor, significado, importância e utilidade, resultando nas asserções de valor.

Na figura a seguir é ilustrado, através do “Vê” Epistemológico de Gowin, a relação do domínio conceitual e o domínio metodológico aplicado à equação dos gases ideais.

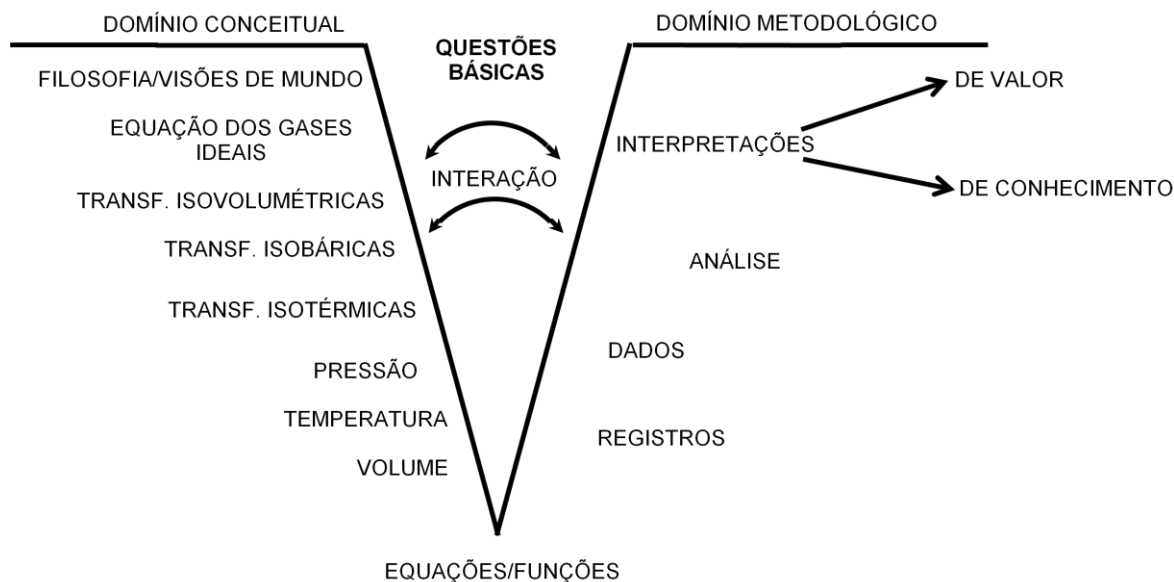


Figura 5 – Equação dos Gases Ideais e o “Vê” Epistemológico
Fonte: Autor – Adaptado de Moreira (2006)

No centro do “Vê” são colocadas questões para promover a interação entre o domínio conceitual e o domínio metodológico. A interação pode ser realizada através de questões, problemas, atividades de laboratório e uso de softwares ou simuladores que confrontem os alunos frente à teoria vista em sala de aula, buscando a análise e interpretação para uma determinada situação prática proposta no laboratório de química.

2.3 INTERDISCIPLINARIDADE

Segundo Fazenda (1994), a interdisciplinaridade surge na Europa na década de 60 fomentada pelo movimento estudantil, que exigia um ensino em sintonia com questões sociais, econômicas e políticas, pois os problemas vigentes na época não poderiam ser resolvidos por uma única área do conhecimento. No Brasil, surge no final dos anos 60, exercendo influência na elaboração da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1971, intensificando a presença na LDB de 1996 e também com os

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Além da influência na legislação e nas propostas curriculares, a interdisciplinaridade ganha espaço no ensino básico, fundamental e médio através do exercício docente.

Para Japiassú (1976), a interdisciplinaridade é caracterizada pela presença de um elemento comum a um determinado grupo de disciplinas, áreas de conhecimentos afins, objetivando uma finalidade estabelecida por um ou mais coordenadores do processo.

A proposta dessa pesquisa é expressa pela figura seguinte, onde está sendo representada uma visão geral dos conceitos matemáticos relacionados com às definições da disciplina Físico-Química I, sendo a interação feita pelo objeto de aprendizagem. O objeto de aprendizagem será o simulador gráfico que permite ao aluno realizar as comparações, inferências, alterando os valores das variáveis envolvidas na transformação, percebendo similaridades através do seu conhecimento adquirido.

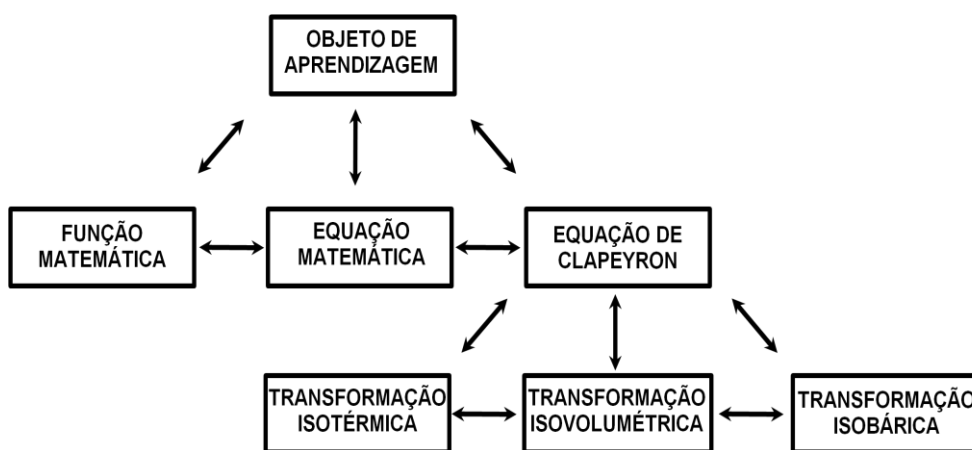


Figura 6 – Representação da Interdisciplinaridade: Química x Matemática
Fonte: Autor

Entendidos como uma hierarquia terminológica, esses conceitos distinguem os diferentes níveis de interação entre as disciplinas no processo de determinadas investigações científicas. Para Piaget (1972), essa interação ocorre quando a solução de um problema requer a obtenção de informações de duas ou mais ciências, sem que as disciplinas, que são convocadas por aqueles que as utilizam, sejam alteradas ou enriquecidas.

Outra visão, a interdisciplinaridade seria uma “[...] simples comunicação de ideias para a integração mútua de conceitos, metodologias, procedimentos,

epistemologias, terminologia, dados e organização de pesquisa e educação em um grande campo [...]”, segundo Berger (1972, p. 25). Piaget (1972) acredita que essa integração significa uma assimilação recíproca entre as disciplinas participantes.

No ensino superior, o desafio de prover a interdisciplinaridade é desafiador, pois os requisitos teóricos exigidos não são colocados de forma objetiva ao aluno, a aplicabilidade dos conceitos, geralmente, não é mostrada devido a vários fatores, como, por exemplo, turmas com alunos de diversos cursos, carga horária insuficiente para cumprir todos os conteúdos, exigência de cumprir um programa mínimo dos conteúdos previstos, reformas curriculares, falta de experiência do professor em pesquisar conteúdos e outros. Essa realidade é presente nas instituições de ensino superior públicas e privadas.

Dessa forma, a educação deve ser entendida e trabalhada de forma interdisciplinar, na qual o aluno é agente ativo, comprometido, responsável, capaz de planejar suas ações, assumir responsabilidades, tomar atitudes diante dos fatos e interagir no meio em que vive contribuindo, desta forma, para a melhoria do processo ensino-aprendizagem.

2.4 ENSINO DE FÍSICO-QUÍMICA I

A referida disciplina elencada na grade curricular no quarto semestre do Curso de Licenciatura e Bacharelado de Química, possui como pré-requisitos o Cálculo B e a Física II.

Estudos e relatos de professores mostram que os estudantes apresentam dificuldade na integração e compreensão dos conceitos associados aos processos físicos e químicos. Conforme Gabel, Samuel e Hunn (1987), Johnstone (1993) citados por Wu, Krajcik e Soloway (2001), os conceitos físico-químicos podem ser aprendidos através de três níveis de representação: sensorial (macroscópico), atômico-molecular (microscópico) e simbólico (equações, funções e relações de proporção). As dificuldades dos estudantes podem ter como causa as suas interpretações dos fenômenos dados, as concepções alternativas, que resultam de suas experiências no cotidiano ou a sua inabilidade de compreender o modelo e passar de um nível de representação a outro quando busca interpretar o processo

que descreve o fenômeno associado a conceitos matemáticos. Particularmente nesse trabalho será tratado o nível de representação simbólico.

Na área de ensino de Química há uma preocupação com a situação descrita anteriormente, pois existem vários outros casos particulares associados a outras disciplinas. Trabalhos de pesquisa na área de ensino estão sendo desenvolvidos de maneira a tentar solucionar esse tipo de problema.

De uma maneira geral, percebe-se a tentativa da utilização de *softwares* voltados a uma abordagem de conceitos específicos que necessitam a realização de *download*, e assim como de materiais instrucionais *online*, geralmente simulações, nas mais diferentes áreas da Química. Foi realizado um levantamento de ferramentas computacionais disponíveis na *Internet* e o resultado é apresentado a seguir.

2.4.1 Softwares Disponíveis

Todas as ferramentas computacionais aqui mencionadas são executadas no sistema operacional *Windows* e não foram testadas. Apesar de vários destes programas também existirem em ambiente *Linux/Unix* não é garantida a sua funcionalidade nesses sistemas operacionais. As ferramentas pesquisadas são categorizadas, conforme segue:

- Edição de fórmulas e estruturas químicas (2D¹);
- Visualização de modelos moleculares (3D²);
- Química Orgânica;
- Química Analítica;
- Química-Física e Inorgânica;
- Química do Estado Sólido e de Materiais;
- Outros.

Segue uma breve descrição dos *softwares* pesquisados e disponíveis, conforme as áreas descritas anteriormente.

¹ Significa representação gráfica bidimensional

² Significa representação gráfica tridimensional

a) Para a edição de fórmulas e estruturas químicas (2D):

a1 – **Chemsketch**: É uma ferramenta destinada à edição de estruturas e reações químicas, que apresenta um modo de desenho com a possibilidade de inserção de texto, possibilitando a construção de esquemas e de montagens reacionais. Além disso, possui recursos que melhoram a apresentação das estruturas desenhadas, verificam a existência de tautômeros e calculam a conformação mais estável de moléculas orgânicas (segundo o paradigma da mecânica molecular).

a2 – **ISIS Draw**: É um *software* voltado à edição de reações e estruturas químicas. Permite o cálculo de massas molares e a obtenção do nome IUPAC das estruturas orgânicas desenhadas. Existe uma ferramenta que permite averiguar se uma reação química está escrita de forma correta, e é possível formatar a aparência das estruturas desenhadas que cumpram as normas das revistas internacionais.

a3 – **WinDrawChem**: Programa simplificado de edição de estruturas químicas bidimensionais. Ideal para quem deseja desenhar esquemas químicos e que não necessita de nenhum acessório sofisticado.

b) Para visualização de modelos moleculares 3D:

b1 – **Rasmol**: Este é um programa para visualização de modelos moleculares em três dimensões ou representação gráfica tridimensional. O programa é compatível com grande parte dos formatos de arquivos de representação molecular tridimensional, não sendo possível criar estes arquivos. Além disso, está disponível para um grande número de plataformas.

b2 – **Molecular Images**: Essa ferramenta foi elaborada para a análise estrutural de biomoléculas, além da visualização. Permite, por exemplo, alterar um aminoácido numa sequência de polipéptido e analisar a alteração da sua estrutura.

b3 – **Mercury**: Esse *software* foi idealizado essencialmente para visualizar todo o tipo de redes cristalinas. Permite visualizar a rede recíproca de um cristal.

b4 – **Oak Ridge Thermal Ellipsoid Program**: O programa permite visualizar estruturas de raios-X.

b5 – **Jmol**: É um programa para visualização de modelos moleculares. Permite determinar grandezas estáticas como o ângulo ou comprimento de ligações, é

também possível animar estruturas com base em resultados de cálculos de modos vibracionais e otimização de geometria.

c) Para a área de Química Orgânica:

c1 – **OSET**: Essa é uma ferramenta para a verificação de síntese orgânica baseada no conceito de retrossíntese.

c2 – **Hückel**: Este programa calcula os níveis de energia dos orbitais moleculares de níveis π em sistemas conjugados (até vinte átomos de C³) e também incluindo heteroátomos como B⁴, N⁵, O⁶ e F⁷.

d) Na área de Química Analítica:

d1 – **Polar**: Este programa executa vários tipos de simulações eletroquímicas com várias geometrias de eletrodos.

d2 – **MICADS**: Possibilita o cálculo de especiação química, espécies adsorvidas a partículas em suspensão.

e) Para Química-Física e Inorgânica:

e1 – **Computer Aided Composition of Atomic Orbitals (CACAO)**: O CACAO é uma ferramenta para análise de tipos de orbitais moleculares pelo método de *Hückel* Alargado (a ligações σ) que é um método semi-empírico. O programa apresenta um caráter pedagógico. É necessário saber implementar arquivos de entrada com as coordenadas dos átomos em forma de matriz.

³ Carbono

⁴ Boro

⁵ Nitrogênio

⁶ Oxigênio

⁷ Flúor

e2 – **Molecular Orbital PACKage (MOPAC)**: O MOPAC é um programa que determina estruturas eletrônicas de moléculas com elementos essencialmente do bloco *p*, usando métodos semi-empíricos.

e3 – **General Atomic and Molecular Electronic Structure System (GAMESS)**: O GAMESS é uma ferramenta destinada a realizar cálculos de níveis de energia, modos vibracionais e estados de transição.

e4 – **AOM**: É um arquivo do *Excel* disponível que calcula energias aproximadas de orbitais *d* em várias geometrias pelo modelo de sobreposição angular.

e5 – **Kintecus**: É uma ferramenta que permite modelar a cinética química de várias reações que vão desde as biológicas até às reações em catálise heterogênea, otimiza parâmetros experimentais de constantes de velocidade e energias de ativação.

e6 – **Mestrec**: É um *software* que permite visualizar espectros e também realiza simulações.

e7 – **Orbital Viewer**: Um programa gráfico que permite visualizar a forma dos orbitais atômicos, ou combinações lineares destas para formar orbitais moleculares.

f) Química do Estado Sólido e de Materiais:

f1 – **BICON-CEDiT**: Este programa calcula a estrutura eletrônica (bandas) de compostos inorgânicos no estado cristalino pelo método semi-empírico de *Hückel* alargado.

f2 – **Kalypso**: Esta ferramenta simula dinâmica de sólidos e colisões atômicas com superfícies metálicas.

g) Softwares Diversos:

g1 – **Tom's Free Chemistry Software Reference**: Uma página pessoal com uma extensa lista de programas disponíveis para *download* (<<http://allserv.rug.ac.be/~tkuppens/chem.shtml>>).

g2 – **Computational Chemistry List**: É um diretório de *File Transfer Protocol* (FTP – <<ftp://kekule.osc.edu/pub/chemistry/>>) que disponibiliza uma grande quantidade de reCursos, em particular relacionados com à química computacional.

g3 – **Carbópolis**: É um software voltado ao ensino médio que trata a questão da poluição ambiental desenvolvido pelo grupo de ensino de educação química da UFRGS (<<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/carbopp.htm>>).

2.4.2 Materiais Instrucionais Online e CD-ROM

Os materiais instrucionais *online*, também conhecidos como objetos de aprendizagem, são disponibilizados em repositórios na Internet permitindo ao aluno a interação com estes. Conforme o tipo de objeto de aprendizagem é necessária a instalação de um tipo específico de *plugin*⁸ para a sua utilização. É recomendado observar as instruções e requisitos antes de usá-los.

A seguir é realizada uma breve descrição das ferramentas *online* encontradas, assim como os respectivos endereços na Internet. Também é descrito um material instrucional disponível em CD-ROM.

a – **Ferramenta de nomenclatura IUPAC⁹**: Este é um serviço prestado pela Advanced Chemistry Development Inc. (ACD – <<http://www.acdlabs.com>>), que possibilita a obtenção do nome IUPAC de compostos com menos de 50 átomos, desenhando a sua estrutura química na tela. Disponível em: <http://dequim.ist.utl.pt/alquim/Links/Software/iLab/ilab_entry.html>.

b – **Calculadora de erros**: É uma ferramenta útil para o cálculo de propagação de erros. Aconselha-se que antes de usar este reCurso de forma intensiva se teste a exatidão dos resultados produzidos. Disponível em: <<http://www.colby.edu/chemistry/PChem/scripts/error.html>>.

c – **Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED)**: O RIVED é um projeto da Secretaria de Educação à Distância - SEED, que tem por objetivo a produção de conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem. Tais conteúdos objetivam estimular o raciocínio e o pensamento crítico dos estudantes, associando a informática às abordagens pedagógicas. Os objetos de aprendizagem são categorizados para os ensinos fundamental, médio, profissionalizante e

⁸ Tipo de *software* para complementar a funcionalidade do navegador

⁹ *International Union of Pure and Applied Chemistry*


superior, baseados nas seguintes áreas de conhecimento: Artes, Biologia, Ciências, Física, Geografia, História, Matemática, Português e Química. Na área de Química, encontra-se um objeto de aprendizagem denominado “Usina: Lei dos gases”, destinado aos alunos do primeiro ano do ensino médio. Os objetivos desse objeto de aprendizagem são:

- Realização do cálculo do volume, pressão ou temperatura de um gás, a partir da equação de estado dos gases na resolução de situações-problema;
- Compreender e relacionar as grandezas que influenciam no comportamento dos gases;
- Comparar os gráficos de cada uma das leis, entendendo suas proporcionalidades;
- Prever o comportamento de um gás a partir do conhecimento dos três fatores que influenciam o estado de um gás;
- Explicar as transformações: isotérmica, isobárica e isocórica (isovolumétrica), a partir dos fatores que se relacionam em cada uma delas através da análise de gráficos e tabelas;
- Avaliar, julgar e tomar decisões sobre a poluição atmosférica;
- Compreender o comportamento dos gases na atmosfera.

A seguir é, apresentada a tela de abertura do objeto de aprendizagem “Usina: Lei dos gases” extraído do *site* do RIVED. Disponível em: <http://www.rived.mec.gov.br/site_objeto_lis.php>.

QUÍMICA
Usina: Leis dos Gases

Próximo a um vilarejo, fica a Usina de Queimados que fabrica álcool e açúcar através do beneficiamento da cana-de-açúcar. Esta produção gera uma fumaça que é expelida pela chaminé e um líquido chamado vinhoto (produto da fermentação da cana-de-açúcar usado como adubo na plantação). A fumaça e o gás liberado pelo líquido possuem um odor desagradável que incomoda os moradores do vilarejo através da difusão destes gases na atmosfera.



Fonte: UESI/LEEA/UENF

RIVED

Próximo

Figura 7 – Usina: Leis dos Gases
Fonte: RIVED (2008)

Após as telas iniciais de abertura, o objeto de aprendizagem possui um painel de controle, onde são propostas quatro alternativas como opção para a interação do aluno no ambiente descrito como sendo uma usina. Conforme o objetivo já descrito anteriormente são eles:

- Produzir álcool e açúcar;
- Tampar a chaminé;
- Variar a temperatura;
- A química e a fumaça.

Cada um dos itens acima é composto por textos explicativos do objetivo particular que cada item contempla, assim como por animações que ilustram cada situação no referido objeto de aprendizagem. O aluno é orientado a explorar o ambiente “Usina: Leis dos gases”, conforme a metodologia adotada pelo professor ou orientação da supervisão da escola. No último módulo, “A química e a fumaça”, o aluno responde a um questionário com seis perguntas fixas de múltipla escolha com quatro alternativas, para verificar os conhecimentos adquiridos até o presente momento, RIVED (2008).

d – **Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching (MERLOT)**: É um repositório de objetos de aprendizagem voltado ao ensino superior classificados nas seguintes grandes áreas: Artes, Ciência e Tecnologia, Ciências Sociais, Educação, Humanas, Matemática e Estatística, e Negócios. Cada uma dessas áreas, por sua vez, é subdividida em outras. Por exemplo, na área de ciência e tecnologia existe a sub-área Química.

Na sub-área Química encontra-se um simulador da lei dos gases ideais que oferece uma applet¹⁰ Java para observar o problema, conforme mostra a figura a seguir.

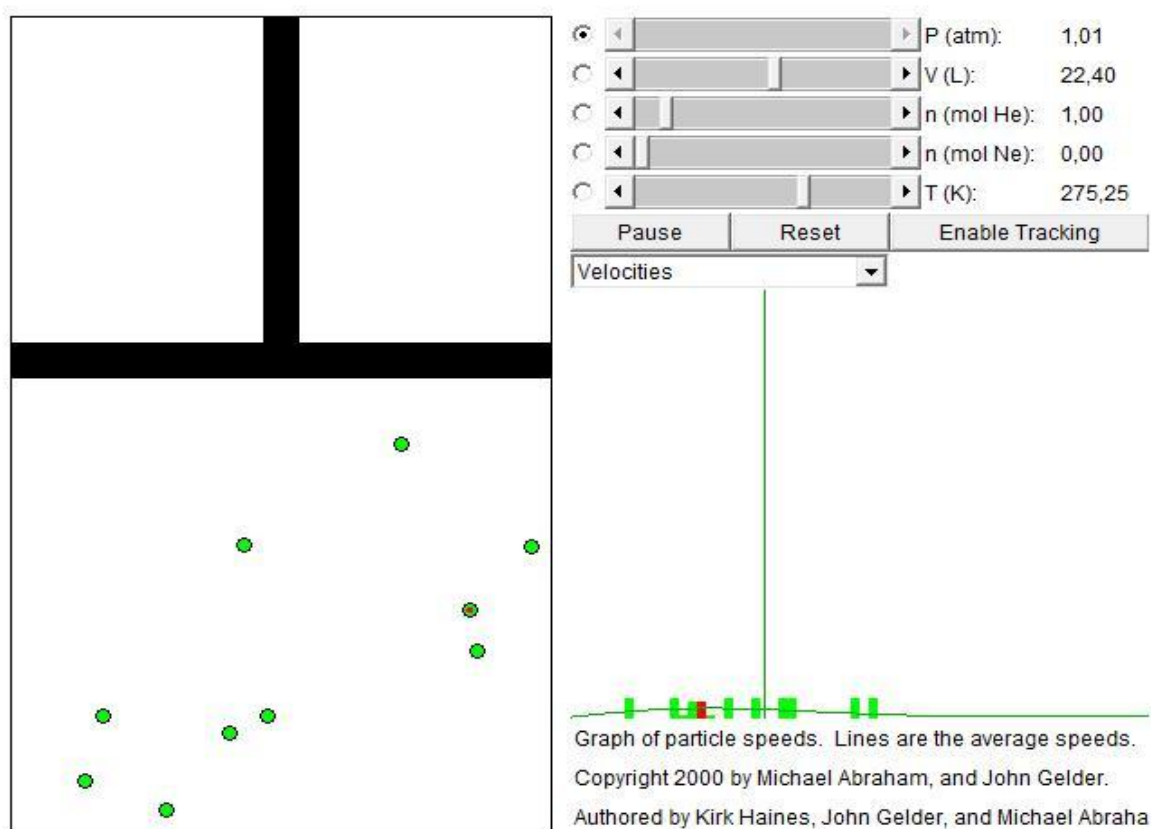


Figura 8 – Simulador de um Gás Ideal – MERLOT
Fonte: MERLOT (2008)

O simulador mostra três áreas distintas, na esquerda, no formato de um recipiente com um êmbolo. Nele é mostrado uma quantidade de um gás que pode ser Hélio (He) ou Neônio (Ne). No canto superior direito estão presentes as três

¹⁰ É um tipo de interface que faz parte de uma página da internet

grandezas físicas Pressão (P), Volume (V) e a Temperatura (T), com suas respectivas unidades, atmosferas (atm), litros (L) e kelvin (K), além dos gases já mencionados. Deve-se selecionar uma das três grandezas para ser a variável dependente, assim como um dos gases ou até os dois, através dos botões de controle, para observar na área gráfica a relação entre as grandezas e os gases.

e – **Core Concepts in Physics (CCP)**: O **CCP** é um material instrucional no formato de uma coletânea de conteúdos de Física distribuída em três CD-ROM para o ensino superior produzido pelo *Saunders College Publishing* e *Archipelago Productions*¹¹. No total, existem catorze módulos de conteúdos de Física, que são vistos em disciplinas regulares de Graduação oferecidas para cursos como as Engenharias, Matemática e Química. Um módulo aborda a Termodinâmica dividida em onze conteúdos, dentre os quais o tópico particular de interesse, “Gás Ideal”, onde é ilustrado através de animações a relação entre Pressão, Volume e Capacidade de Calor, no qual é proposto um problema, conforme mostra a Figura 9.

CONSERVATION OF ENERGY IN THERMAL SYSTEMS
The First Law of Thermodynamics ▶ Problem

Problem

Description
 A gas is taken through the cyclic process described in the PV diagram.

Question
 Find the net thermal energy transferred to the system during one complete cycle.

Approach • Find work
 $W = \int PdV$ (1)

Step 1 • Note path shape
 $A = \frac{1}{2}(\text{base})(\text{height})$ (2)

Step 2 • Determine the base
 base = 4.0 m^3 (3)

Step 3 • Find the height
 height = $6.0 \times 10^3 \text{ Pa}$

Step 4 of 4
 By substituting values, we determine the area (and thus the work done during the cycle) to be

Area = $W = \frac{1}{2}(\text{base})(\text{height})$
 $= \frac{1}{2}(4.0 \text{ m}^3)(6.0 \times 10^3 \text{ Pa})$
 $W = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$

And, from the Approach
 $Q = W = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$

▶ Strategy ▶ Approach Audio Hint Steps ◀ ▶ Answer ▶ Final Check

10 • Thermodynamics

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ◀ ▶ Contents Index Notes Tools Exit

Figura 9 – Descrição de um problema no CCP

Fonte: Software *Core Concepts in Physics*

¹¹Disponível em: <<http://goliath.ecnext.com/coms2/product-compint-0000784572-page.html>>.

Todo o conteúdo mostrado na mídia é descrito na figura mostrada acima, associado a narrações descrevendo o conteúdo e animações.

2.5 Ensino de Físico-Química I na UFPel

A disciplina de Físico-Química I na UFPel se caracteriza por aplicar conceitos de disciplinas como Física e Cálculo na área de Química. Para estudar o conceito de “Gás Ideal”, se faz uso de ferramentas computacionais para realizar a análise e a interpretação em relação ao fenômeno, verificação das grandezas físicas envolvidas. É geralmente, ilustrado por uma atividade prática desenvolvida no laboratório de Química.

O ensino da disciplina é caracterizado por dois momentos distintos. Primeiramente, o conteúdo é apresentado de forma expositiva em sala de aula, onde o professor usa como recurso quadro e giz para, no momento seguinte, aplicar os conceitos vistos ao realizar experimentos em laboratório de Química, compreendendo um período em torno de vinte horas-aula. Para efetuar a análise dos dados, utiliza-se algum *software* com o recurso gráfico.

Com relação aos softwares já utilizados destaca-se o *Graphmatica*, Planilha Eletrônica (*Excel* ou *Calc*), *Origin* e *Modellus*. A seguir será apresentada uma breve descrição de cada ferramenta.

a) *Graphmatica*: O *software* permite a representação gráfica de uma ou mais funções matemáticas, assim como sua respectiva derivada (gráfico), e possibilita também a ilustração da área da integral da mesma função. A figura a seguir mostra o gráfico de duas funções para exemplificar o uso da ferramenta.

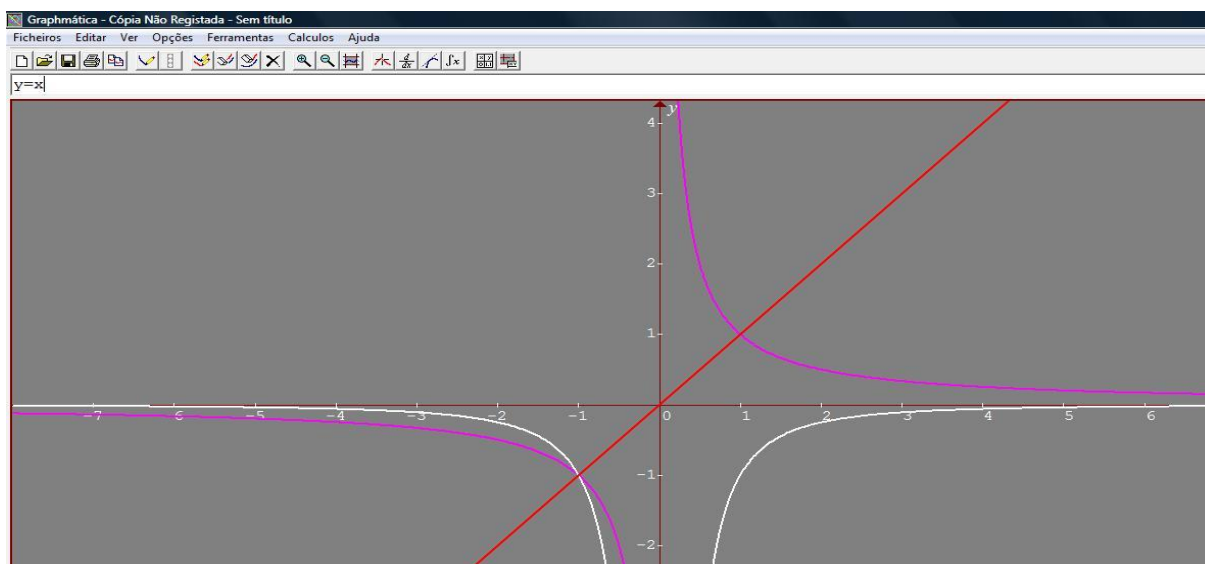


Figura 10 – *Graphmatica*
Fonte: Software *Graphmatica*

b) Planilha Eletrônica: A planilha eletrônica é um aplicativo que possibilita a representação gráfica de funções matemáticas. É baseada no uso de células, sua unidade fundamental do ponto de vista de uso. Uma célula pode ser vista como a intersecção de uma coluna com uma determinada linha, representadas respectivamente por letras e números. Possui uma biblioteca de funções na área de matemática e estatística, com recursos limitados para a representação gráfica. A figura seguinte apresenta a tela inicial com a planilha eletrônica *Excel*.

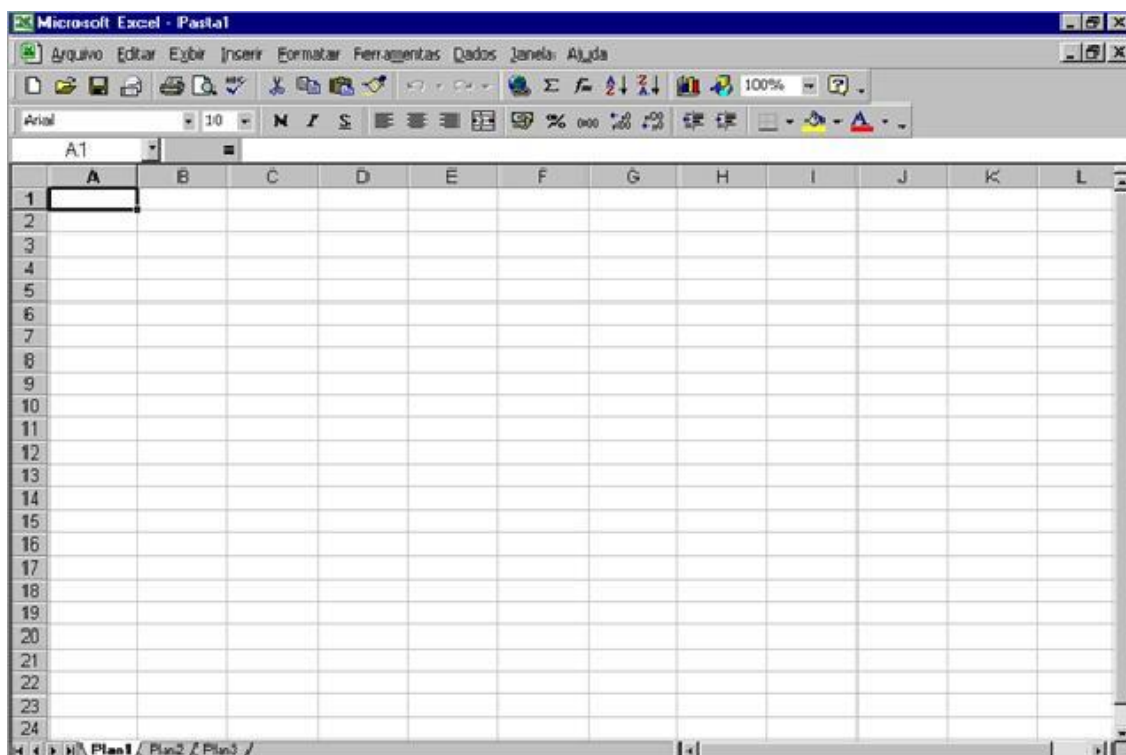


Figura 11 – Planilha Eletrônica *Excel*

Fonte: Software *Excel*

Existe uma planilha eletrônica denominada *Calc*, presente no conjunto de aplicativos *OpenOffice* que possui recursos similares ao *Excel*.

c) *Origin*: É uma ferramenta computacional voltada para análise de dados, representação gráfica, estatística, relacionamento com banco de dados, processamento de imagens, múltiplas planilhas e processamento de sinais. O *Origin* permite a inserção de planilhas do *Excel*, a representação gráfica na forma cartesiana e polar, assim como recursos para tratamento dos dados, tais como, *design* de edição que objetiva melhorar a visualização final do trabalho, integração com o software algébrico *Matlab*, arquivos no formato de projetos e janelas de comandos. A figura a seguir apresenta a tela inicial do *Origin*.

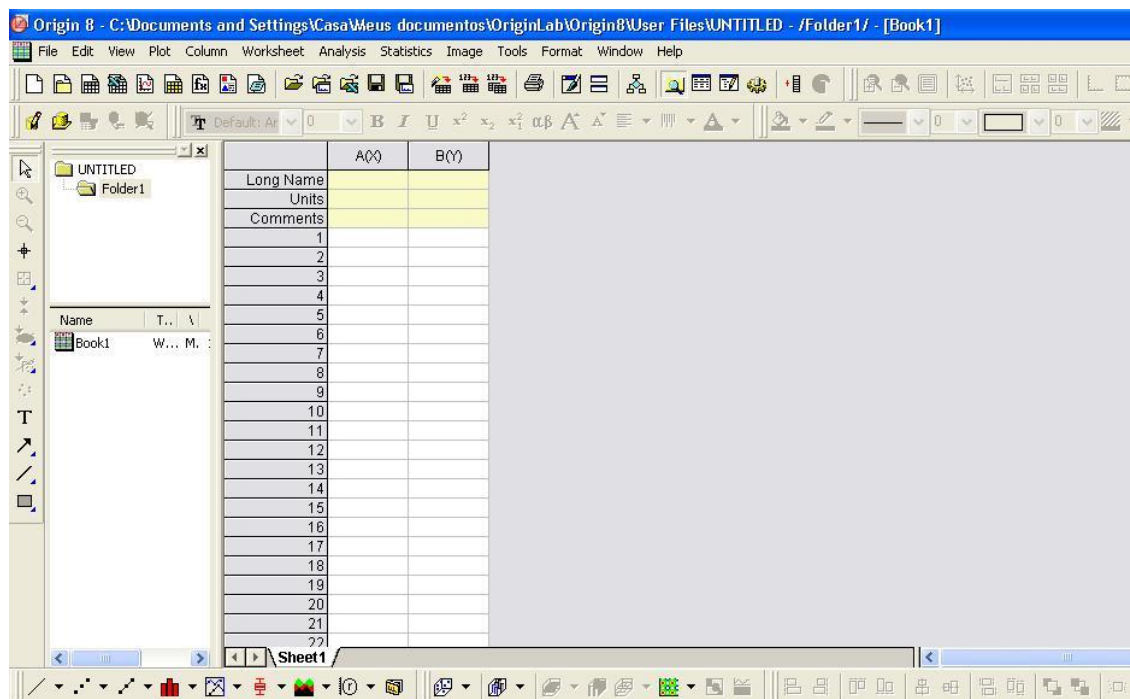


Figura 12 – *Origin*
 Fonte: Software *Origin*

O uso do *Origin* na disciplina de Físico-Química I se refere ao uso dos recursos de representação gráfica para realizar a análise dos dados.

d) *Modellus*: Essa ferramenta consiste na construção de modelos matemáticos visando à análise e interpretação dos mesmos, através das janelas que o próprio *software* possui para construção de gráficos, animações, edição de fórmulas e controle das variáveis independentes e dependentes. Este *software* é amplamente utilizado no ensino e aprendizagem de Matemática, Física e Química em diversos cursos de graduação. As janelas mostradas na Figura 13 a seguir são destinadas à edição do modelo ou fórmulas, onde as variáveis utilizadas aparecem como parâmetros na janela das condições iniciais. A janela de controle permite iniciar a observação do modelo para posterior interpretação. A ferramenta permite o uso de mais janelas para a visualização gráfica, animação e a tabela de valores dos parâmetros que pertencem ao modelo, assim como a elaboração de novos casos do mesmo para comparações e auxiliando a interpretação.

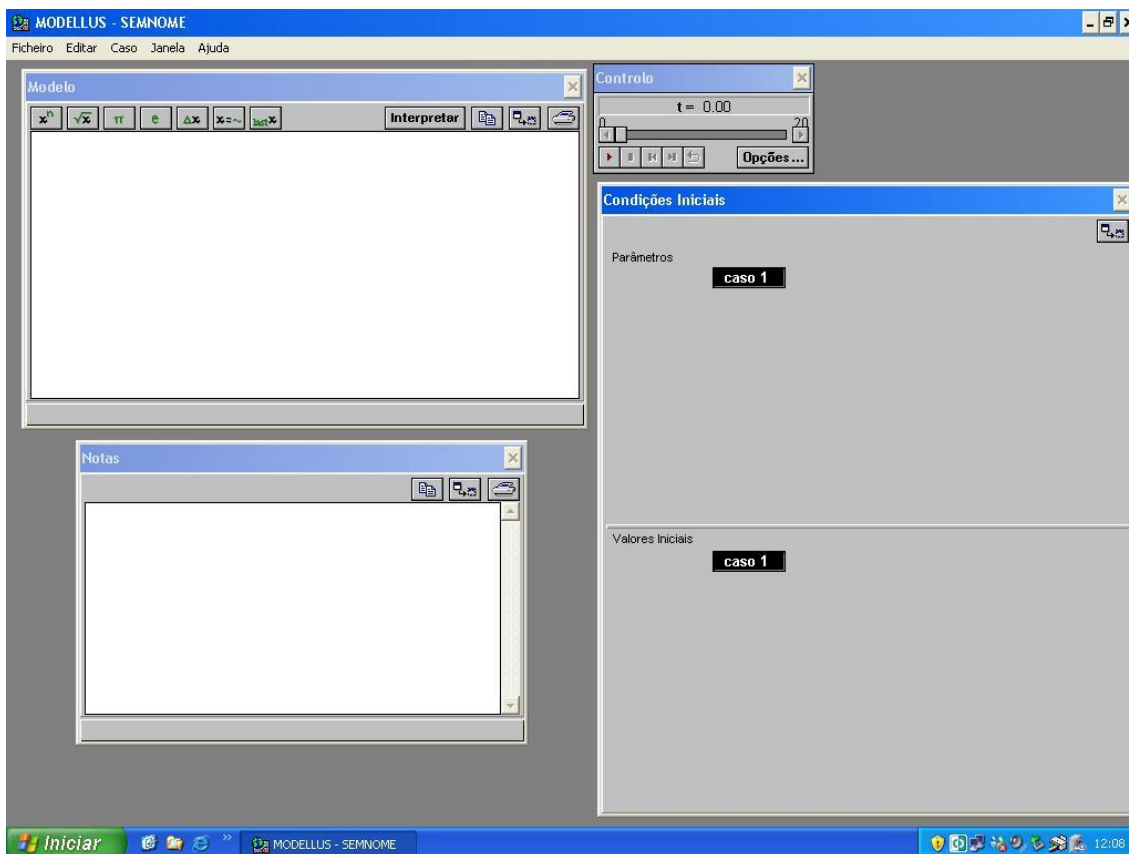


Figura 13 – Modellus
Fonte: Software Modellus

Os softwares descritos acima foram utilizados na disciplina de Físico-Química I, para possibilitar a interpretação de problemas estudados no laboratório de Química. O uso das ferramentas computacionais se fez necessário para observar a representação gráfica dos problemas, assim como as equações envolvidas no processo. A escolha de uma ferramenta específica para uso foi feita conforme as necessidades e recursos disponíveis no semestre pela UFPel.

2.6 ENSINO DE MATEMÁTICA NA QUÍMICA

As disciplinas consideradas de áreas específicas e que, de um modo geral, possuem disciplinas matemáticas como pré-requisitos, exigem dos alunos um conhecimento aplicado para as necessidades que a situação em sala determina. Situação essa definida pelo conteúdo a ser assimilado pelo aluno, muitas vezes em curto período de tempo.

A realidade da disciplina de Físico-Química I, mais especificamente no entendimento do conceito da Lei de Gases Ideais, requer um domínio na compreensão de conceituação matemática aplicada na Química. Conceitos como equação, função, variáveis independentes e dependentes, grandezas diretamente e inversamente proporcionais, e relação entre grandezas em equações são abordados, inicialmente, no ensino médio.

O ensino de disciplinas matemáticas na UFPel é caracterizado pela oferta regular de turmas a cada semestre. Essas turmas são ocupadas por alunos de diferentes cursos de graduação, como na maioria das universidades brasileiras. Essa diversidade é colocada frente a conteúdos que são expostos de maneira teórica, com enfoque essencialmente matemático. Essa metodologia de aprendizagem é adotada na maioria das instituições de ensino superior no país. Ocorre que quando o aluno cursa disciplinas de formação específica da grade curricular regular, se depara com a exigência de usar e aplicar o conhecimento matemático adquirido.

A tarefa têm sido árdua para os alunos de Graduação por uma série de fatores, tais como dificuldade na compreensão dos conceitos, turmas com mais de cinquenta alunos, deficiências trazidas do ensino médio, professor demasiadamente teórico, professor desatualizado e outros.

A exigência no domínio de conhecimento contribui para uma modificação no método de ensino tradicional, ou seja colabora para o surgimento de um novo paradigma que seria ensinar através da utilização dos conceitos matemáticos aplicados à realidade de um curso de graduação.

Para Biembengut (1977), *softwares* matemáticos de diversos tipos vêm ocupando espaço nas disciplinas, pois permitem aos alunos a verificação de conceitos de forma rápida, assim como as soluções e as respostas a determinados problemas vistos em sala de aula. Isso vem sendo utilizado por professores em disciplinas como Cálculo, Álgebra Linear e outras para propiciar ao aluno um meio alternativo para compreender conteúdos ou complementá-los, relacionando-os com outros aspectos pertinentes.

O rendimento dos alunos em disciplinas da área de matemática é relativamente baixo, pois existe um número elevado de reprovações a cada semestre, que oscila entre uma faixa de 60 e 70%, conforme levantamento realizado

junto ao departamento de Matemática e Estatística da UFPel. Isso se reflete no número de alunos que cursam a disciplina Físico-Química I, formando uma ou duas turmas de no máximo vinte alunos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste trabalho consiste em um estudo qualitativo, apoiado na realização de um pré-teste visando apurar as hipóteses previstas na teoria da aprendizagem significativa, conforme preceitos de Ausubel, Novak e Hanesian (1980), assim como a elaboração e a resolução de problemas por parte dos alunos, relativos à Equação dos Gases Ideais na disciplina de Físico-Química I. Foi usada, também, a construção de mapas conceituais nos estágios inicial e final para o acompanhamento dos processos cognitivos em sala de aula e ou em laboratório, a realização de entrevistas semi-estruturadas ao final de cada atividade e gravação de áudio e vídeo para acompanhar o comportamento dos alunos frente aos desafios propostos, assim como a sua aprendizagem.

A pesquisa foi realizada com alunos do Curso de Química do Instituto de Química e Geociências da UFPel, mais especificamente da disciplina de Físico-Química I. O público-alvo dessa pesquisa foram duas turmas da referida disciplina, uma no período da manhã, com alunos da licenciatura, e a outra no período da tarde, com alunos do bacharelado, elas são compostas, respectivamente, por oito e doze discentes, que possuem os pré-requisitos exigidos no experimento piloto. No presente momento, a constituição das turmas foi de doze alunos para a ênfase do bacharelado e quatorze na licenciatura, nos turnos respectivos já citados. A disciplina ocorrerá em dois encontros semanais, nos turnos da manhã e da tarde, com uma carga horária de cinco créditos, distribuídos em três horas/aula teóricas e duas horas/aula práticas no laboratório de química e de informática. A referida disciplina tem uma carga horária total de oitenta e cinco horas e ocorre regularmente no quarto semestre do curso. Tem como pré-requisito as disciplinas de Química Geral e Experimental, Física Básica I e Cálculo B.

Na primeira aula, os participantes da pesquisa resolveram um conjunto de questões com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios de matemática, definidos por Ausubel (2003) como os subsunçores matemáticos preexistentes. O subsunçor é o conhecimento prévio que, supõe-se, todo o aluno deve possuir na sua estrutura cognitiva para apoiar a inserção de novos conceitos.

O instrumento inicial proposto contempla as possibilidades de observação das habilidades a seguir, necessárias para a resolução de problemas experimentais na

disciplina de Físico-Química I, envolvendo a utilização da Equação da Lei dos Gases Ideais, que foi descrita na fundamentação teórica:

- a) resolver expressões numéricas envolvendo operações aritméticas;
- b) reconhecer grandezas diretamente e inversamente proporcionais;
- c) conceito de equação e função;
- d) resolução de equação;
- e) representação gráfica;
- f) relações existentes entre as variáveis envolvidas;
- g) interpretação da representação gráfica.

Através deste instrumento, que foi considerado um pré-teste, os alunos foram avaliados em relação aos conhecimentos prévios acima descritos e supostamente já vistos nas disciplinas de Cálculo A e Cálculo B. Com base nesta avaliação, foi proposto um material de apoio, denominado por Ausubel (2003) como os organizadores avançados, para revisão de conteúdos, visando garantir um nivelamento em relação a uma base mínima de conhecimento de matemática. No experimento piloto, foi realizado um teste que abordou a aplicabilidade dos mesmos conceitos em laboratório de informática, onde também se fez uso de um *software* para representação de funções matemáticas. O *software* utilizado foi o *Modellus*, que permite a representação algébrica de equações, assim como a sua representação gráfica. Em semestres anteriores a 2008/2, foram utilizados os softwares *Calc*, uma planilha eletrônica disponível no *BrOffice*, o *Graphmathica* e *Origin* para a representar graficamente as funções. A partir deste momento, os alunos serão avaliados frente aos problemas apresentados relacionados à área de Química.

Em segundo momento, com base em indícios de que os alunos possuem os subsunçores necessários para resolver as questões e interpretar seus resultados, foi elaborado o Mapa Conceitual pelo aluno para evidenciar a compreensão do mesmo a respeito da base matemática principal, as equações e funções. A elaboração do Mapa Conceitual foi realizada pelos alunos matriculados na disciplina em 2009/2.

No decorrer do semestre, os alunos foram colocados, novamente, frente a outros problemas para serem resolvidos, além daqueles já apresentados. Acredita-

se que, analisando o desempenho frente aos problemas propostos juntamente com os mapas conceituais, foi possível identificar as hipóteses de resultados permitindo o reconhecimento das variáveis, o tipo de transformação na equação de estado e a relação da matemática com a química.

A usabilidade dos mapas conceituais serviu para corroborar ou não os resultados obtidos a partir da avaliação dos itens citados anteriormente. Supõe-se que o mapa conceitual final contenha mais nós e elementos, se comparado ao mapa conceitual inicial. O objetivo desse mapa ainda é servir de ferramenta de auto-avaliação e autoconsciência do próprio processo de aprendizagem, assim como fornecer subsídios para a implementação do objeto virtual de aprendizagem.

Os conceitos da teoria de Ausubel (2003) foram observados ao longo de toda a pesquisa, como na elaboração dos mapas conceituais, na resolução dos problemas e nas entrevistas semi-estruturadas. Explicitamente, observou-se os conceitos de:

a) a verificação da existência de subsunçores através da realização de uma avaliação inicial, definido por Ausubel (2003) como um pré-teste.

b) o processo de diferenciação progressiva observado pelo estágio inicial comparado com o final, onde o aluno deve entender a aplicabilidade dos conceitos matemáticos na disciplina. A entrevista semi-estruturada deve validar o processo estabelecendo uma direção a ser tomada no decorrer da aprendizagem.

c) reconciliação integradora será observada pela interpretação do aluno frente aos problemas propostos, onde deve estabelecer semelhanças e diferenças entre a conceituação matemática de função e a equação para interpretar de maneira correta os resultados atingidos.

De forma resumida foram relacionadas às hipóteses com a teoria que as sustenta, assim como as categorias a serem observadas, conforme mostra a tabela a seguir:

Hipóteses	Fundamentação	Categoria
1 – Os alunos possuem conhecimento prévio de conceitos de equação e função?	Existência de subsunçores, Ausubel (1968, 2003).	Operacional
2 – Os organizadores avançados podem auxiliar na aquisição de subsunçores?	Organizadores avançados, Ausubel (1968, 2003).	Operacional
3 – A equação dos gases ideais permite a interpretação de suas variáveis através de <i>software</i> ?	Subsunçores e organizadores avançados, Ausubel (1968, 2003). Pré-requisitos da disciplina.	Capacidade de reconhecer, analisar e interpretar os resultados e também operacional.
4 – O mapa conceitual final terá mais especificações que o inicial, fornecendo subsídios para o acompanhamento da aprendizagem, conforme o pré-teste?	Relação com Mapas conceituais, Moreira (2006).	Capacidade de pensar visando introduzir modificações no processo de ensino e aprendizagem, quando for necessário.
5 – Os alunos aprendem através da diferenciação progressiva e reconciliação integradora?	Relação com a teoria de Ausubel (1968, 2003).	Capacidade conceitual.

Tabela 1– Relação Entre Hipóteses, Conceitos e Metodologia

Fonte: Autor

Para validar essa proposta, se fez uso do “Vê” Epistemológico de Gowin para estruturar o trabalho e, principalmente, estabelecer a interação entre a parte conceitual e a metodológica. Para Moreira (1990), o “Vê” de Gowin estabelece, particularmente, as conexões específicas entre um determinado evento, seus registros, as teorias que embasam o estudo, assim como seus princípios e conceitos, baseado no domínio conceitual, contrapondo ao domínio metodológico.

4 RESULTADOS

A proposta desta pesquisa é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa, isto é, o ponto de partida foi investigar se os alunos possuem os conceitos mínimos, denominados por Ausubel de subsunçores. Para isso, foi elaborado um pré-teste, disponível no Anexo A desse texto, para verificar os conhecimentos que os alunos possuem sobre o significado de uma equação, função, as suas diferenças e relações, identificar uma variável independente e dependente, operações sobre o conjunto dos números reais, reconhecer as grandezas diretamente e inversamente proporcionais, e, por fim, aplicabilidade da matemática na área de química, mais especificamente na equação dos Gases Ideais na disciplina de Físico-Química I. No pré-teste não foi exigida a identificação do nome do aluno, assim como foi colocado que a atividade não fazia parte da avaliação regular da disciplina.

O pré-teste foi constituído de duas etapas. No primeiro momento, foram elaboradas cinco questões teóricas sobre o significado do conteúdo descrito acima, descritas a seguir:

- O que é uma equação matemática?
- O que você entende por uma função matemática?
- Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

- Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

Na segunda etapa do pré-teste, foram colocadas dez questões para serem respondidas na forma analítica. Oito delas eram baseadas nas operações envolvendo números reais e duas na forma de problema, envolvendo grandezas diretamente proporcionais e inversamente proporcionais.

4.1 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (PILOTO – TURMA 2008/2)

As questões acima foram respondidas por duas turmas, uma do Curso de Bacharelado em Química composta por doze alunos, e a outra do Curso de Licenciatura com oito alunos. O resultado dessa primeira etapa foi que a maioria dos

alunos não respondeu as cinco questões teóricas. Duas possibilidades podem ser apontadas como possíveis justificativas para essa situação:

- Os alunos não compreendem os conceitos;
- Os alunos não conseguem expressar suas ideias.

Nem todas as questões dessa parte foram resolvidas por parte dos alunos. A parcela de acertos médio ficou em torno de 58% (cinquenta e oito por cento), onde se esperava um índice mais elevado.

Realizando uma análise criteriosa nos erros cometidos, foram destacados os seguintes:

$$1^{\circ}) 4/0 = 0$$

$$2^{\circ}) 2-1 = -2$$

$$3^{\circ}) 31/2 = \text{sem resposta}$$

$$4^{\circ}) x^2 = 36 \Rightarrow x = 6 \text{ (apenas)}$$

$$5^{\circ}) x^3 = 27 \Rightarrow x = 9$$

$$6^{\circ}) \log_2 16 = x \Rightarrow x = \text{sem resposta}$$

Quanto à resolução dos dois problemas, uma parcela dos alunos chegou à resposta correta, identificando a grandeza diretamente proporcional e inversamente proporcional, mas a parcela restante não obteve a resposta ou não respondeu aos problemas. Nesse último caso, dentre os alunos que erraram os problemas, a maioria optou por não responder.

Uma justificativa inicial a respeito dos erros cometidos pelos alunos, é a dificuldade em entender ou dominar a conceituação matemática no decorrer da sua vida como estudante, independentemente de nível médio ou superior. Outra possibilidade para justificar essa não compreensão é que os alunos encontram dificuldades em disciplinas como Cálculo, pois, na maioria das vezes, acabam tendo que cursá-la novamente. Isso também se reflete no baixo número de alunos habilitados a cursar a disciplina de Físico-Química I.

Relacionando com a teoria da aprendizagem significativa, percebe-se que os alunos são possuidores de alguns subsunçores relativos a determinados conteúdos, como, por exemplo, operações sobre os números. Aqueles que não possuem

subsunçores, são colocados frente a novos problemas com enfoque diferente para evitar a repetição dos exercícios e afastar a possibilidade de decorarem as questões.

Com relação às dificuldades percebidas nos alunos, se disponibilizou um material com um conteúdo relativo aos conceitos matemáticos utilizados na disciplina de Físico-Química I, de modo a possibilitar consultas e estudo. No Anexo C encontram-se as respostas de cinco alunos para ilustrar a aplicação do pré-teste do experimento piloto.

Na disciplina de Físico-Química I, no semestre de 2008/2, foi utilizado o *software Modellus*, para a análise de dados dos experimentos realizados no laboratório de Química.

No Anexo B deste trabalho, está a descrição de uma atividade realizada no laboratório de informática com o *software Modellus*, onde o objetivo foi simular duas situações da lei dos gases ideais. Utilizando a Equação dos Gases, foram realizadas as simulações para a Transformação Isobárica e Isotérmica para um gás ideal.

Durante a atividade em laboratório de informática, observou-se o processo feito pelos alunos. O objetivo foi acompanhar a discussão, frente aos problemas propostos, usando o *software Modellus*, para realização da tarefa. A conclusão do trabalho consistiu em elaborar um relatório sobre a simulação das transformações citadas.

Para a realização da atividade, os alunos de cada turma, formaram equipes em grupos. A turma da manhã foi dividida em dois grupos e a do período da tarde em três grupos.

A atividade contemplava a edição da equação dos Gases Ideais no *software*, a definição da variável independente em cada transformação, acrescentar valores para as demais variáveis e a construção do respectivo gráfico, adição de novos casos, atribuindo novos valores às variáveis, a análise e a interpretação para cada caso.

Observou-se que, mesmo com o uso do *software*, os alunos encontravam dificuldades para explicar a alteração dos valores atribuídos às variáveis, assim como para identificar o gráfico esperado ao observar determinada transformação, a elaborar a justificativa para explicar a relação entre duas variáveis inversamente proporcionais e verificar igualdade na equação dada.

Percebe-se que mesmo os alunos que cursaram as disciplinas de Cálculo (Cálculo A e B) encontram dificuldade para aplicar o conteúdo já visto, pois a aprendizagem significativa parte do conhecimento que o aluno possui para desenvolver novos subsunçores, conforme Ausubel (1980). No experimento piloto ficou evidente que a maioria dos estudantes, que foram divididos em grupos, não apresentaram os subsunçores relativos a equações e funções na Equação dos Gases Ideais.

O uso de *softwares* como *Modellus* possibilita a representação gráfica de maneira rápida, mas ainda sem a aplicabilidade exigida, por exemplo, pela disciplina de Físico-Química I.

Optou-se por modelar um objeto de aprendizagem que contemple as características da Equação dos Gases Ideais associados aos conceitos matemáticos, permitindo a interpretação das transformações isobárica, isovolumétrica e isotérmica no estudo dos gases.

4.2 RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (TURMA 2009/2)

As questões acima foram respondidas por duas turmas, uma do Curso de Bacharelado em Química, composta por doze alunos, e a outra do Curso de Licenciatura, com quatorze alunos. Na segunda etapa do pré-teste, foi inserida em cada questão a pergunta “Como você pensou a resolução?”, objetivando o acompanhamento do raciocínio.

O resultado dessa primeira etapa foi que a maioria dos alunos não respondeu todas as cinco questões teóricas. As possibilidades já descritas anteriormente na turma piloto foram também constadas nesse momento:

- Os alunos não compreendem os conceitos;
- Os alunos não conseguem expressar suas ideias.

Na segunda etapa do pré-teste, foram colocadas dez questões para serem respondidas na forma analítica, acrescidas da pergunta acima.

4.2.1 Detalhamento das Respostas do Pré-teste

No início do segundo semestre de 2009, na disciplina de Físico-Química I, as turmas foram constituídas por quatorze alunos no período da manhã, Curso de Licenciatura, e doze alunos no período da tarde, Curso de Bacharelado. Para isso, os alunos foram identificados por números, conforme o curso Licenciatura (L) ou Bacharelado (B).

A seguir, descreve-se, em detalhes, os resultados de cada uma das questões do pré-teste da 1ª parte, desenvolvido naquele semestre. As respostas foram transcritas do questionário, conforme a escrita dos alunos.

4.2.1.1 Resultados da Questão 1

A pergunta teve como objetivo analisar a compreensão e a capacidade de expressar suas ideias frente ao questionamento.

Questão 1 – O que é uma equação matemática?

As respostas obtidas através do pré-teste são expressas a seguir:

“Meio para se chegar a uma resposta numérica de algum problema”. Fonte: Aluno 1L

“Sistema utilizado para achar o valor de uma variável”. Fonte: Aluno 2L

“Fórmula que auxilia na descoberta de valores a partir da substituição de incógnitas por valores numéricos”. Fonte: Aluno 3L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 4L

“Não sei”. Fonte: Aluno 5L

“Acredito que seja um cálculo simples”. Fonte: Aluno 6L

“Resolução de incógnitas e expressões numéricas”. Fonte: Aluno 7L

“Uma equação matemática é uma maneira mais simples para se resolver problemas, substituindo as variáveis por números”. Fonte: Aluno 8L

“Operações entre números e variáveis”. Fonte: Aluno 9L

“A equação é uma fórmula usada para descobrir o valor de variáveis (incógnitas) e deve ser igualada a zero. Exemplo: $4x + 2 = 0$ $\therefore x = \frac{1}{2}$ ”. Fonte: Aluno 10L

“É o que denota à proporção que existe entre as variáveis da função”. Fonte: Aluno 11L

“É a relação de igualdade entre incógnitas ou entre números”. Fonte: Aluno 12L

“Acredito que seja o mesmo que uma função com variáveis, gráficos, [...]” Fonte: Aluno 13L

“É aquilo que possui mais de uma variável e a partir dela pode originar gráficos”. Fonte: Aluno 14L

“Em uma equação é composta por variáveis na qual se iguá-la a zero”. Fonte: Aluno 1B

“Equação é um conjunto de constantes e variáveis que constituem uma igualdade. Ex.: $x^2 + y = 0$ ”. Fonte: Aluno 2B

“Sentença matemática expressa por uma igualdade que envolve variáveis”. Fonte: Aluno 3B

“É uma sentença que expressa uma igualdade de expressões algébricas”. Fonte: Aluno 4B

“É uma expressão usada para resolver problemas, onde contém expressões algébricas (números e letras). Onde o objetivo é achar o valor da incógnita”. Fonte: Aluno 5B

“É quando se tem, por exemplo, $x^2 + y^2 = 0$, mas não sei explicar”. Fonte: Aluno 6B

“Equação matemática é uma expressão com diversas operações e números matemáticos. Está relacionada com função, pois na expressão tem uma função”. Fonte: Aluno 7B

“É uma conta que possui uma incógnita (x, por exemplo), que através da subtração, divisão dos números que o acompanham, darão o seu valor”. Fonte: Aluno 8B

“Expressão algébrica”. Fonte: Aluno 9B

“Uma equação matemática é uma expressão numérica ou algébrica, onde os elementos são relacionados através de uma igualdade”. Fonte: Aluno 10B

“Sentença que possui uma ou mais variáveis onde [...]” Fonte: Aluno 11B

“Não respondeu”. Fonte: Aluno 12B

Analisando as respostas acima, percebe-se que uma parcela pequena do grupo de alunos da licenciatura, possui o entendimento sobre o conceito de uma equação matemática. No grupo de alunos do bacharelado, baseado nas respostas obtidas, observa-se que aproximadamente a metade da turma possui um relativo conhecimento sobre o conceito.

4.2.1.2 Resultados da Questão 2

A pergunta teve como objetivo analisar a compreensão e a capacidade de expressar suas ideias frente ao questionamento.

Questão 2 – O que você entende por uma função matemática?

As respostas obtidas através do pré-teste são expressas a seguir:

“Algo em função de x e y ”. Fonte: Aluno 1L

“Sistema o qual as variáveis admitem vários valores”. Fonte: Aluno 2L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 3L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 4L

“Explicação matemática de uma forma, uma estatística, cálculo”. Fonte: Aluno 5L

“Função são cálculos mais aprofundados, que se necessitam um maior conhecimento”.
Fonte: Aluno 6L

“Resolução de geometria e expressões de álgebras”. Fonte: Aluno 7L

“A função é resolvida através de equações”. Fonte: Aluno 8L

“Operações entre números e variáveis”. Fonte: Aluno 9L

“Função é dado pela variação de uma incógnita (x , y)”. Fonte: Aluno 10L

“É o que representa um determinado sistema no espaço, ou define uma subtração, onde existem de duas ou mais variáveis, sendo uma delas independente e as outras dependentes da mesma”. Fonte: Aluno 11L

“Não sei”. Fonte: Aluno 12L

“Se for explicadas através de diagramas vai ser uma função quando todos elementos de $A(x)$ tiver um e somente um correspondente em $B(y)$. Se for explicadas em gráficos para ser função só poderá cortar uma única vez o eixo do y que são coordenadas, já o eixo das abscissas poderá ser cortado duas vezes”. Fonte: Aluno 13L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 14L

“Uma função é composta por variáveis, onde é igual a uma constante”. Fonte: Aluno 1B

“Função matemática é um conjunto de variáveis e constantes que representa uma variável que nos interessa, $y = x^2 + z$ ”. Fonte: Aluno 2B

“Relação entre conjuntos estabelecidas por uma regra”. Fonte: Aluno 3B

“É determinar o conjunto de uma função, descobrir suas variáveis”. Fonte: Aluno 4B

“É a correspondência entre conjuntos. Onde há uma dependência entre eles”. Fonte: Aluno 5B

“É quando se tem, por exemplo, $f(y) = y^2$, mas não sei explicar”. Fonte: Aluno 6B

“Função é quando tem dois conjuntos A e B do qual A está em função de um elemento de B”. Fonte: Aluno 7B

“Numa função $f(x)$, x pode ser qualquer valor e dependendo deste valor, todo o resultado do cálculo pode mudar. Ex.: $f(2) = x + 1 = 3$ ”. Fonte: Aluno 8B

“Sentença”. Fonte: Aluno 9B

“Uma função matemática é uma sentença que expressa um determinado grupo de elementos”. Fonte: Aluno 10B

“É uma relação matemática, onde uma variável depende da outra”. Fonte: Aluno 11B

“Não respondeu”. Fonte: Aluno 12B

Observa-se que no caso dos alunos da licenciatura, nenhuma das respostas traduz o significado formal de uma função matemática. Somente, talvez, três respostas se aproximam do conceito cobrado. Na outra turma, verifica-se que parte consegue expressar a conceituação correta e uma outra parcela, mais significativa que da turma anterior, possui noções sobre a questão dada.

4.2.1.3 Resultados da Questão 3

A pergunta teve como objetivo analisar a compreensão e a capacidade de expressar suas ideias frente ao questionamento.

Questão 3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

As respostas obtidas através do pré-teste são expressas a seguir:

“Não tenho esse conhecimento”. Fonte: Aluno 1L

“Na equação as variáveis têm um número exato de soluções, enquanto na função ele admite vários valores”. Fonte: Aluno 2L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 3L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 4L

“Não sei”. Fonte: Aluno 5L

“Acredito não ter conhecimento suficiente para saber diferenciá-las”. Fonte: Aluno 6L

“Função é mais ligado na parte de gráfico (x, y, z) e equações na parte de incógnitas”.
Fonte: Aluno 7L

“Não sei exatamente”. Fonte: Aluno 8L

“Desconheço a diferença, acredito que muitas vezes esses termos são confundidos”.
Fonte: Aluno 9L

“Não sei explicar a diferença. Vejo uma relação entre elas, pois a variação mostrada na função é dada através de uma equação que traz as incógnitas que estão variando”. Fonte: Aluno 10L

“Não sei explicar”. Fonte: Aluno 11L

“Não sei”. Fonte: Aluno 12L

“Não vejo diferença em ambas, eu pelo menos não sei responder, para mim são iguais”.
Fonte: Aluno 13L

“Não sei explicar”. Fonte: Aluno 14L

“Não sei”. Fonte: Aluno 1B

“A equação é igual a um número e função é igual a uma variável”. Fonte: Aluno 2B

“Função é uma correspondência entre conjuntos, enquanto equação é qualquer igualdade que é satisfeita para alguns valores dos seus domínios”. Fonte: Aluno 3B

“Não sei”. Fonte: Aluno 4B

“Não respondeu”. Fonte: Aluno 5B

“Não consigo explicar”. Fonte: Aluno 6B

“Não lembro”. Fonte: Aluno 7B

“Se o x das expressões acima é conhecido, ou imagina-se seu valor”. Fonte: Aluno 8B

“Não sei”. Fonte: Aluno 9B

“Uma função possui um número variável que determina um conjunto de elementos. Uma equação possui um determinado número que satisfaz uma relação”. Fonte: Aluno 10B

“Função → variável dependente
Equação → variável independente”. Fonte: Aluno 11B

“Não respondeu”. Fonte: Aluno 12B

Verifica-se que, pelas respostas obtidas nas duas turmas, os alunos não sabem explicar a diferença entre uma função e uma equação. Um número mínimo de alunos conseguiu expressar uma noção sobre a questão proposta.

4.2.1.4 – Resultados da Questão 4

A pergunta teve como objetivo analisar a compreensão e a capacidade de expressar suas ideias frente ao questionamento.

Questão 4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

As respostas obtidas através do pré-teste são expressas a seguir:

“A variável independente seu valor não é afetado por outra variável
A variável dependente seu valor é em função de outra”. Fonte: Aluno 1L

“Não sei, nunca ouvi falar”. Fonte: Aluno 2L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 3L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 4L

“Variável independente – ela pode várias, sem alterar as outras variáveis
Variável dependente – pode variar com variação da outra”. Fonte: Aluno 5L

“Não sei responder essa questão”. Fonte: Aluno 6L

“Não lembro bem, mas sei que tem haver com gráficos, onde uma precisa da outra para resolver a variável”. Fonte: Aluno 7L

“Não sei”. Fonte: Aluno 8L

“Variável independente – variável cujo valor não depende de nenhuma outra. Exemplo: $y = 2x$. Neste exemplo o valor x não depende do de y
Variável dependente – variável cujo valor depende de outra variável, no exemplo anterior, y depende dos valores de x ”. Fonte: Aluno 9L

“Não lembro”. Fonte: Aluno 10L

“A variável independente é aquela que não sofre interferência de outras variáveis. Já a variável dependente, como o próprio nome diz, depende de uma variável dependente”.
Fonte: Aluno 11L

“Não sei”. Fonte: Aluno 12L

“Variável independente: equação de 1º grau, por exemplo, ela não precisa de uma outra variável. Variável dependente: no caso de uma equação do 2º grau ela no caso o x dependerá de y ”. Fonte: Aluno 13L

“Variável independente é aquela que pode ser resolvida igualando a zero. Exemplo: $x + 2 = 0$.: $x = 2$. Variável dependente: é aquela que, precisa de um complemento para sua resolução. Exemplo: $2x = 0$ ”. Fonte: Aluno 14L

“Variável dependente é dependente a uma outra variável, quando esta variar a variável dependente varia junta. A independente varia sem levar em conta a outra”. Fonte: Aluno 1B

“Variável independente é uma constante. Variável dependente é aquela que se encontra junto com uma variável”. Fonte: Aluno 2B

“Variável independente é uma constante. Variável dependente encontra-se com variável”.
Fonte: Aluno 3B

“Não sei”. Fonte: Aluno 4B

“Não lembro”. Fonte: Aluno 5B

“Variável dependente – depende de um outro valor para existir
Variável independente – tem o seu valor determinado”. Fonte: Aluno 6B

“Variável independente é aquela que não depende de um número ou variável
Variável dependente depende do número ou variável”. Fonte: Aluno 7B

“Variável dependente – o seu valor só é obtido quando outra variável é calculada.
Variável independente – o seu valor não precisa ser obtido por outras variáveis, é independente, já é conhecido”. Fonte: Aluno 8B

“Variável independente: seu resultado depende de si só.
Variável dependente: seu resultado está em função de outra variável”. Fonte: Aluno 9B

“Variável dependente – necessita de um conjunto de fatores que determinam uma lógica.
Variável independente – não depende de um conjunto de fatores”. Fonte: Aluno 10B

“Variável independente: esta variável assume valores que não vão interferir no resto da equação. Variável dependente: varia em função da outra variável”. Fonte: Aluno 11B

“Variável independente é que não depende do eixo do y . Variável dependente é aquela que depende do eixo do y ”. Fonte: Aluno 12B

Analisando as respostas obtidas sobre a questão acima, verifica-se que os alunos, na sua maioria, não conseguem explicar ou não entendem o significado dos variáveis independentes e dependentes, assim como seu uso. Apenas um aluno expressou de forma correta e com exemplos a questão.

4.2.1.5 Resultados da Questão 5

A pergunta teve como objetivo analisar a compreensão e a capacidade de expressar suas ideias frente ao questionamento.

Questão 5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

As respostas obtidas através do pré-teste são expressas a seguir:

“Detalhar a função”. Fonte: Aluno 1L

“Mostrar o comportamento da função em diversos pontos”. Fonte: Aluno 2L

“Significa mostrar através de coordenadas nos planos a interpretação de dados obtidos, identifica formas, etc”. Fonte: Aluno 3L

“O gráfico ajuda a visualizar melhor os resultados obtidos”. Fonte: Aluno 4L

“Estatística, forma...”. Fonte: Aluno 5L

“Demonstração de resultados”. Fonte: Aluno 6L

“Mostrar em gráficos, os resultados obtidos numa amostra qualquer e também ser compreendido com mais facilidade, em relação de dissertação”. Fonte: Aluno 7L

“O gráfico é uma maneira mais fácil de visualizar os resultados da equação”. Fonte: Aluno 8L

“Além de contribuir para uma melhor visualização das funções, contribui para a descoberta de equações que descrevem várias figuras geométricas, como: cone, elipsóide, etc”. Fonte: Aluno 9L

“Mostra a variação de uma variável em função de outra. No gráfico da velocidade observa-se a variação da mesma em um determinado instante de tempo”. Fonte: Aluno 10L

“Significa aplicar uma função no espaço, mostrando o que a mesma está se referindo em relação as proporções entre as variáveis. Os gráficos tem como finalidade demonstrar no espaço figuras, facilitando a sua visualização, também serve para representar um conjunto de dados”. Fonte: Aluno 11L

“De demonstrar na prática tudo o que se vê na teoria”. Fonte: Aluno 12L

“Explicar, demonstrar como se comportará uma função se é crescente, decrescente. O gráfico também é utilizado para se demonstrar porcentagem”. Fonte: Aluno 13L

“É utilizado com a finalidade de visualizar determinados cálculos para um melhor entendimento”. Fonte: Aluno 14L

“Um gráfico serve para mostrar a variação de uma função”. Fonte: Aluno 1B

“Para saber como uma função se comporta, quando o valor de uma variável é alterada e através desse, pode-se definir como é sua função”. Fonte: Aluno 2B

“Com o gráfico sabemos se a função é de 1º grau, 2º grau,...”. Fonte: Aluno 3B

“Na função é determinar o domínio, a imagem e o contradomínio. O gráfico serve para situar um número ou uma variável”. Fonte: Aluno 4B

“Observar o contradomínio e a imagem”. Fonte: Aluno 5B

“Entender como a equação ou função é vista no espaço”. Fonte: Aluno 6B

“Um gráfico tem a finalidade de marcar os pontos encontrados a partir de uma função, visando descobrir características desse gráfico. Ex.: Parábola, reta, curva, etc”. Fonte: Aluno 7B

“Entender o que uma função ou equação tende a originar ou a se comportar como uma parábola, elipse, hipérbole”. Fonte: Aluno 8B

“Finalidade de apresentar melhor os dados ou outra maneira de apresentação”. Fonte: Aluno 9B

“Expressar uma relação lógica”. Fonte: Aluno 10B

“Representar uma função de uma forma mais fácil de interpretar el”. Fonte: Aluno 11B

“Para enxergarmos melhor as variações”. Fonte: Aluno 12B

Percebe-se que, analisando as resposta referente à questão, os alunos possuem algum tipo de noção relativa ao significado e à finalidade de um gráfico, mas não possuem uma conceituação mais detalhada ou mais formal. Outro aspecto verificado é que a maioria dos alunos, independentemente da turma, apontou algum tipo de finalidade ou uso.

Para Ausubel (1968), um dos fatores para a ocorrência da aprendizagem significativa seria através de proposições, conceitos e palavras. Percebe-se que, quanto ao uso das palavras, os alunos possuem dificuldade em traduzir para o papel

o significado matemático. Por outro lado, pode-se enxergar isso como uma possibilidade para a formação e a assimilação de conceitos, ou ainda podendo ser de forma mecânica.

Na segunda parte do pré-teste, foram propostas dez questões que envolviam as operações aritméticas, definições matemáticas, potenciação, radiciação, logaritmos, grandezas diretamente proporcionais e inversamente proporcionais.

A seguir na Tabela 2, descrevem-se, as quantidades das questões da 2ª parte do pré-teste, as respondidas de forma correta, as incorretas, e também aquelas que não foram respondidas pelos alunos das duas turmas (Bac = Bacharelado; Lic = Licenciatura).

Questão	Corretas		Incorretas		Não respondeu	
	Bac	Lic	Bac	Lic	Bac	Lic
a	5	4	7	10	0	0
b	12	11	0	3	0	0
c	6	10	6	1	0	3
d	9	9	1	2	2	3
e	11	11	1	3	0	0
f	1	2	11	12	0	0
g	12	11	0	3	0	0
h	4	0	2	2	6	12
i	0	0	9	10	3	4
j	6	4	2	7	4	3
Total	66	62	39	53	15	25

Tabela 2– Respostas da 2ª Parte do Pré-teste
Fonte: Autor

Em relação ao pré-teste realizado com a turma piloto (2008/2), foi acrescentado o questionamento “Como pensou a resolução?” em cada item, para verificar e justificar o raciocínio utilizado.

Analisando os resultados percebe-se que, dos dez itens propostos, três deles apresentaram um índice elevado de respostas incorretas. São os seguintes itens: “a” com dezessete, “f” com vinte e três e o “i” com dezenove erros, respectivamente.

Realizando uma análise em cima das respostas para os itens acima, foram destacados os seguintes erros na resolução:

1º) $4/0 = 0$ ou $4/0 = 4$;

2º) $\log_2 16 = x \Rightarrow x =$ sem resposta;

3º) cálculo de resposta errado, pois não foi percebido que tratava-se de grandezas inversamente proporcionais na regra de três simples.

Em relação ao questionamento inserido nas questões, nos três itens destacados acima enumera-se as seguintes frases escritas pelos alunos, para justificar o raciocínio:

- “Custume” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Número dividido por zero é zero” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Não sei” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Cálculo” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Zero no denominador é igual a zero” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Não se divide alguma coisa por nada” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Não sei fazer logaritmo” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Não sei responder, pois tenho dificuldades em logaritmos” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Não lembro, tenho muita dificuldade em logaritmo, só usando a calculadora” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Não sei responder, pois na escola não vi logaritmo e na faculdade usa-se a calculadora na maioria das vezes” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Tenho dificuldade em logaritmo” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Resolução através da regra de três simples, considerando as grandezas diretamente proporcionais” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura).

Na parcela dos alunos que responderam de forma correta, os itens “a”, “h” e “i”, as justificativas encontradas foram às seguintes:

- “Por definição” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Não existe divisão por zero” – (Fonte: Aluno do bacharelado e licenciatura);
- “Lembro como resolver, mas não sei por que se resolve dessa forma” – (Fonte: Aluno da licenciatura);

- “Propriedade matemática” – (Fonte: Aluno da licenciatura);
- “Não existe valor para um número dividido por zero” – (Fonte: Aluno do bacharelado);
- “Aprendi assim” – (Fonte: Aluno do bacharelado);
- “Impossível dividir por zero” – (Fonte: Aluno do bacharelado);
- “Resolução por propriedade da exponenciação” – (Fonte: Aluno do bacharelado).

4.2.2 Análise do Pré-Teste

De uma maneira geral, nas resoluções corretas são perceptíveis fortes indícios de aprendizagem mecânica, conforme Ausubel (1968). Para tornar a aprendizagem significativa, é necessário criar condições, de modo a utilizar os organizadores prévios na ausência dos subsunçores para desenvolvê-los frente a um material potencialmente significativo, proporcionando, dessa forma, que novos conceitos sejam acrescentados na estrutura cognitiva do aluno.

Na Tabela 3, resumo a seguir, encontram-se as habilidades observadas, assim como uma interpretação dos resultados obtidos pelos alunos na 2ª parte do pré-teste frente à existência do subsunçor.

Item	Habilidade observada	Percentuais de acertos dos alunos		
		Bac	Lic	Subsunçor
a	Operação sobre o conjunto dos números reais	35,71%	28,57%	Ausente
b	Operação de potenciação	85,71%	78,57%	Presente
c	Operação de potenciação com expoente negativo	42,85%	71,42%	Parcial
d	Simplificação da operação de radiciação com expoente fracionário	71,42%	71,42%	Presente
e	Operação de radiciação e exponenciação	78,57%	78,57%	Presente
f	Resolução de equação do 2º grau na forma incompleta	7,14%	21,42%	Ausente
g	Resolução de equação do 3º grau na forma incompleta	85,71%	78,57%	Presente
h	Resolução de logaritmo de base 2	28,57%	0%	Ausente
i	Resolver uma regra de três com grandezas inversamente proporcionais	0%	0%	Ausente
j	Resolver uma regra de três composta com grandezas diretamente e inversamente proporcionais	42,85%	28,57%	Ausente

Tabela 3 – Resumo das Habilidades

Fonte: Autor

Realizando uma análise gráfica a partir dos resultados da tabela 7, objetivando comparar as duas turmas envolvidas na identificação dos respectivos subsunçores frente ao desempenho geral na segunda parte do pré-teste.

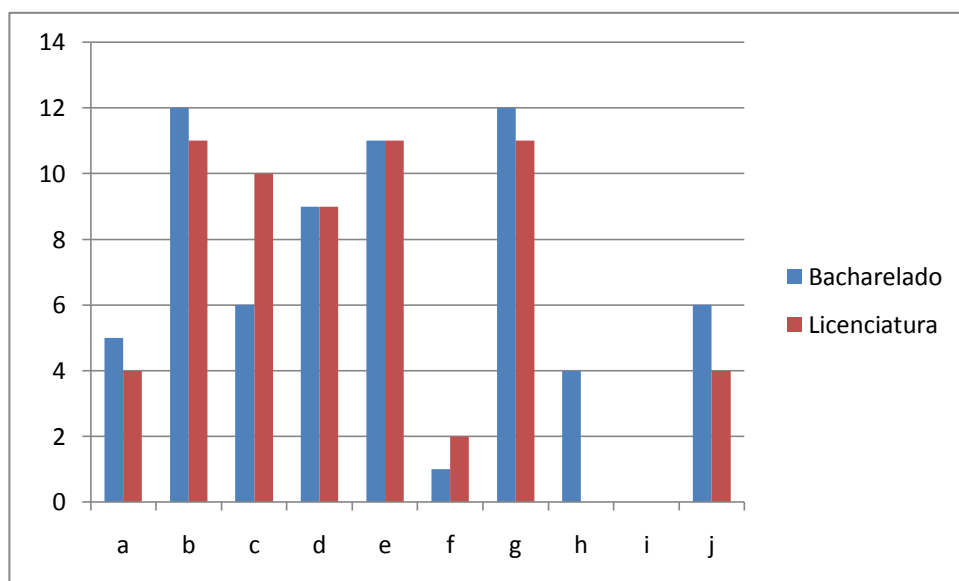


Gráfico 1 – Comparação Entre as Turmas: respostas corretas

Observando o Gráfico 1 acima, verifica-se que os alunos do bacharelado obtiveram um desempenho melhor, em relação ao número de acertos, que os alunos da licenciatura, com exceção dos itens “c” e “f”, sendo que nos itens “d” e “e” houve igualdade entre ambas as turmas. No item “h” somente os alunos do curso de bacharelado acertaram o respectivo item.

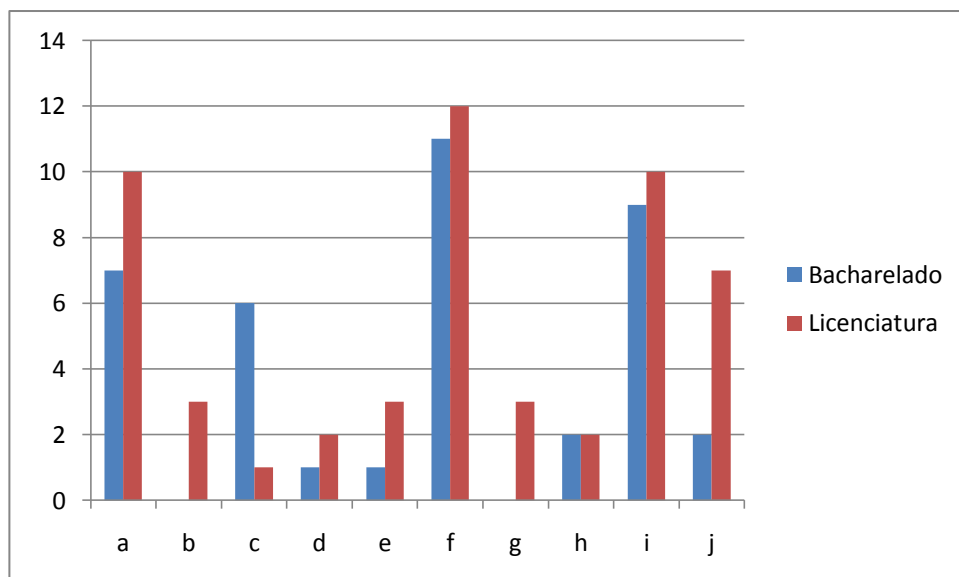


Gráfico 2 – Comparação Entre as Turmas: respostas incorretas

Percebe-se que no Gráfico 2, a turma de licenciatura teve um pior desempenho que a turma do bacharelado. Por outro lado, deve-se ressaltar que houve itens que não foram respondidos pelos motivos justificados anteriormente.

Para investigar o grau de conhecimento dos alunos, foi solicitado que cada aluno construísse o seu mapa conceitual dos conceitos referentes à equação e à função, o que será apresentado a seguir.

4.3 MAPAS CONCEITUAIS

Para a investigação da existência dos subsunçores relativos ao conhecimento dos pré-requisitos necessários para a compreensão dos conceitos de equação e função aplicados na química foi solicitado aos alunos que cada um construísse o seu mapa conceitual. Foi dada uma explicação sobre o que é um mapa conceitual, a sua finalidade, as relações entre os conceitos conectados por palavras-chave. No exemplo inicial, foi mostrado com grau de detalhamento um mapa conceitual para a palavra “casa”. O processo foi realizado em sala de aula, onde houve acompanhamento do professor de Matemática. Todos os mapas conceituais iniciais dos alunos se encontram no Anexo D. No total, participaram vinte e seis alunos, sendo doze do bacharelado e quatorze da licenciatura.

Observou-se que cerca de 80% (oitenta por cento) dos envolvidos estavam motivados com a atividade e questionaram se poderiam estabelecer a utilização de mapas conceituais para outros tópicos, definições e disciplinas.

Para ilustrar, foram selecionados três mapas conceituais iniciais de cada turma. O critério foi selecionar do mais simplificado ao mais complexo do ponto de vista de detalhamento do aluno, assim como um intermediário.

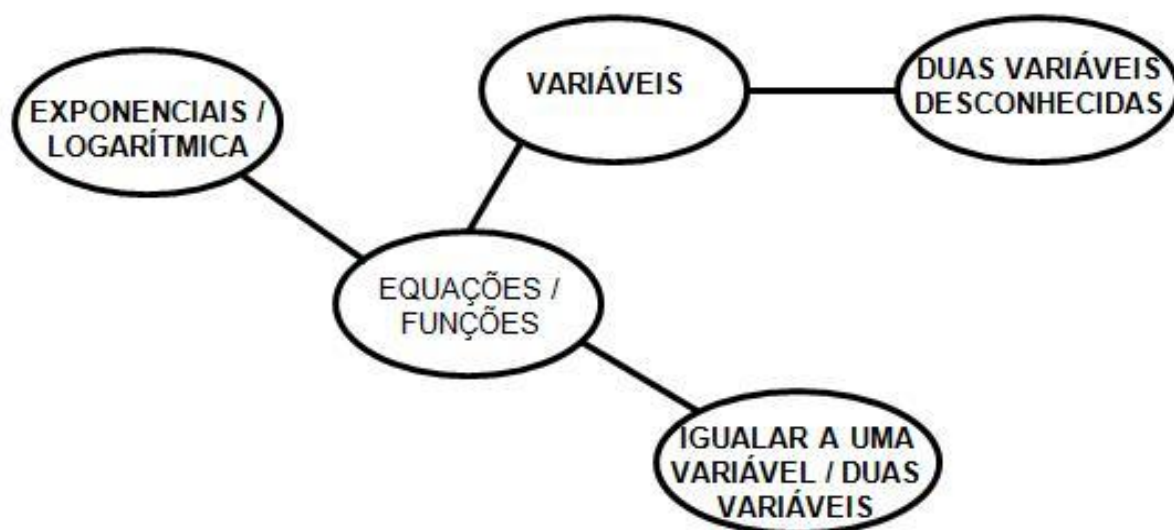


Figura 14 – Mapa Conceitual
Fonte: Aluno 4L

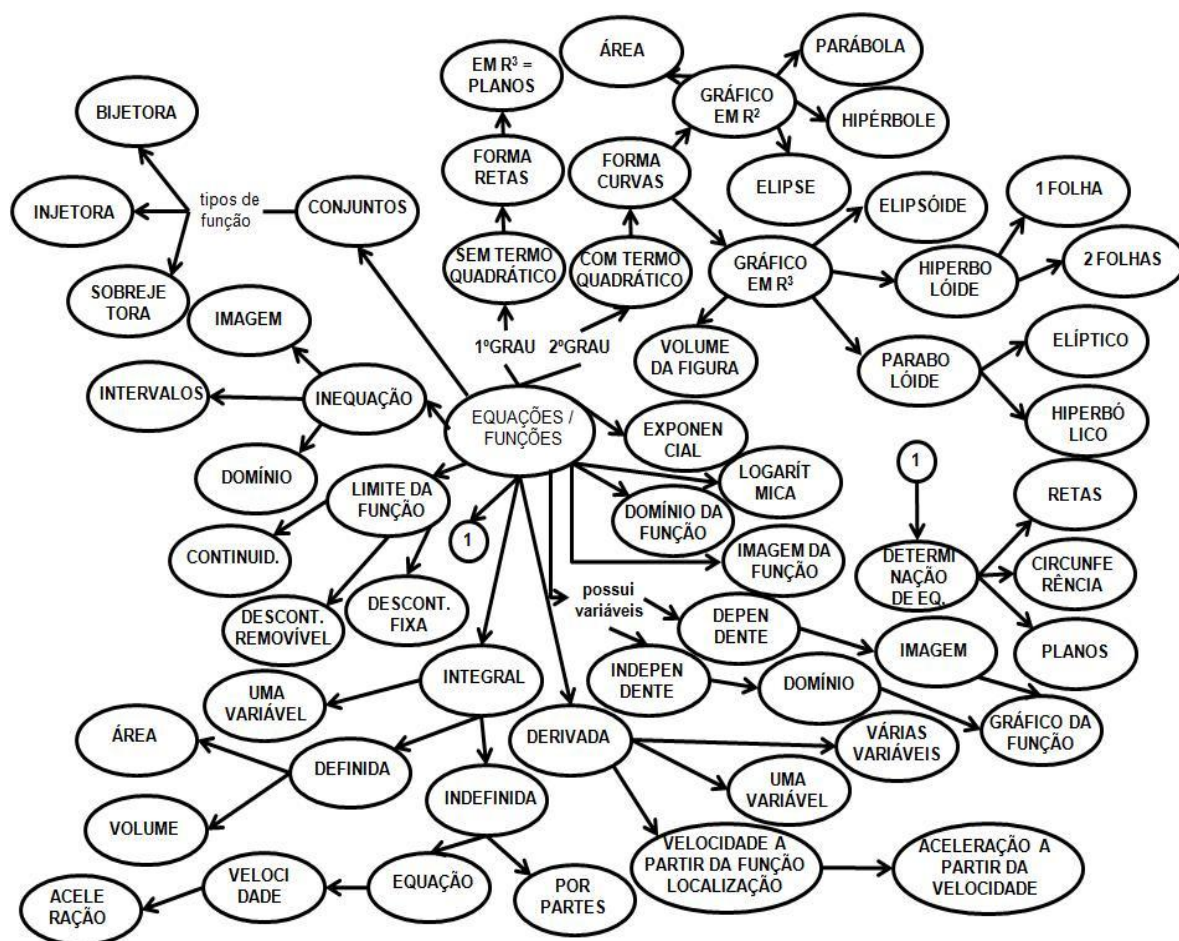


Figura 15 – Mapa Conceitual
 Fonte: Aluno 11L

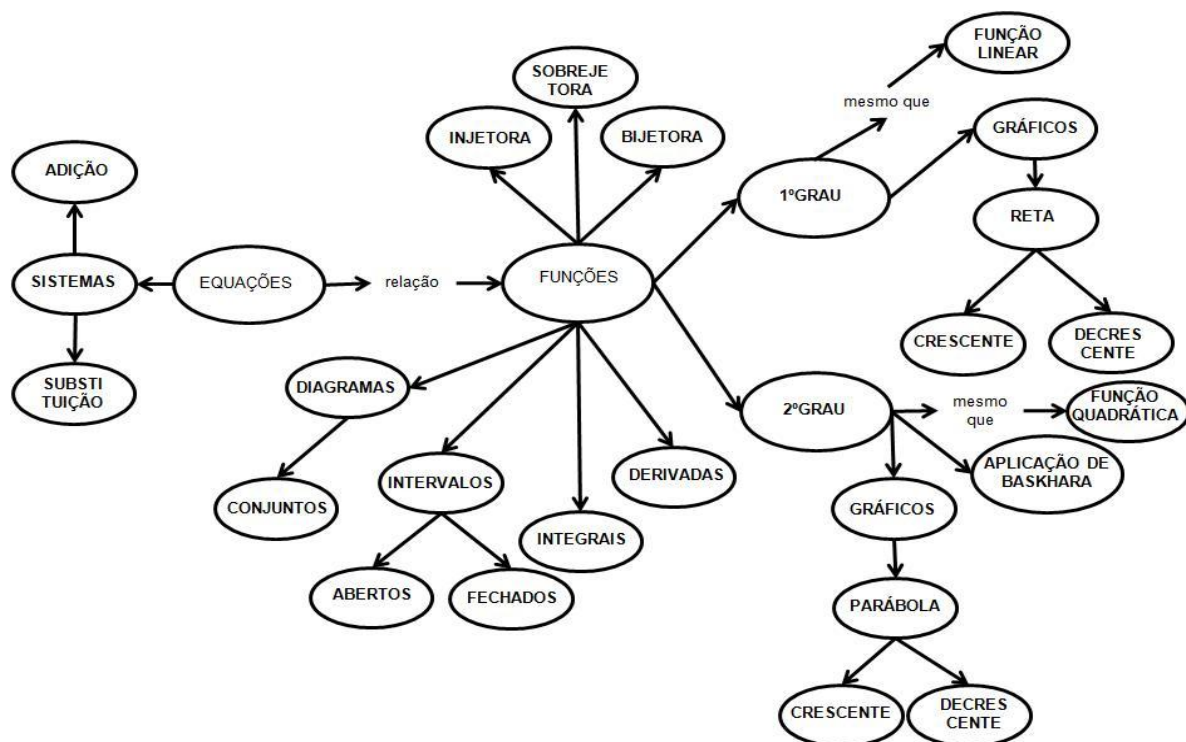


Figura 16 – Mapa Conceitual
 Fonte: Aluno 13L

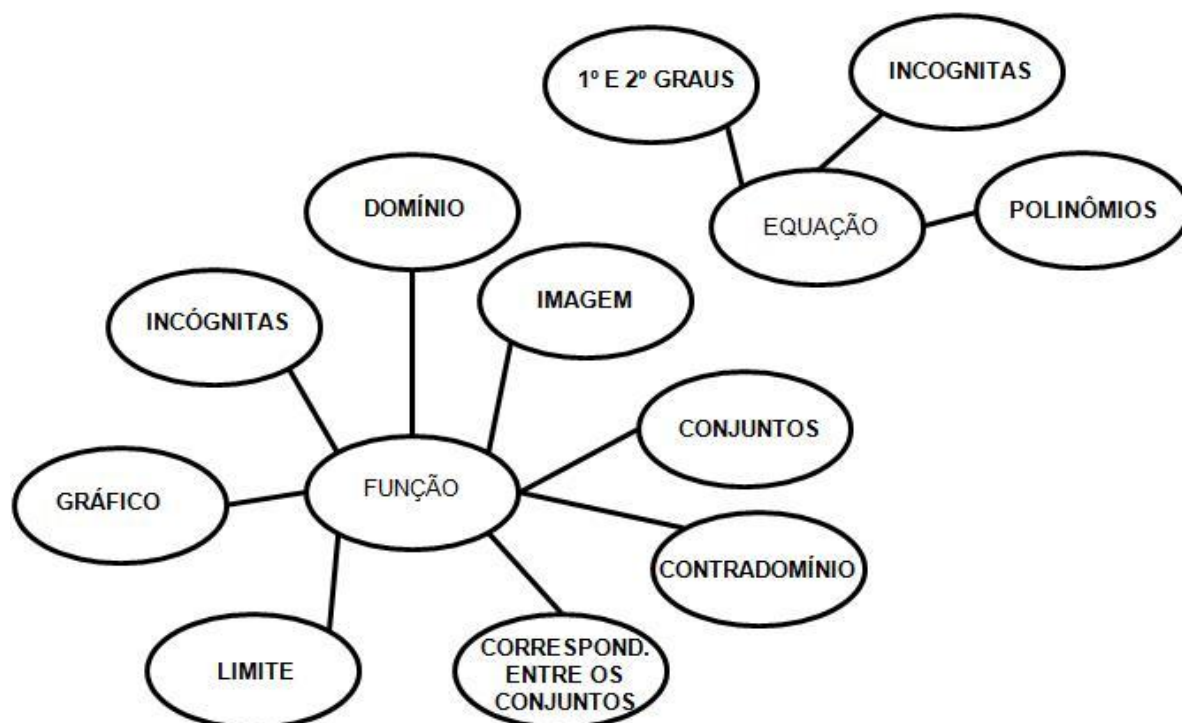


Figura 17 – Mapa Conceitual
Fonte: Aluno 5B

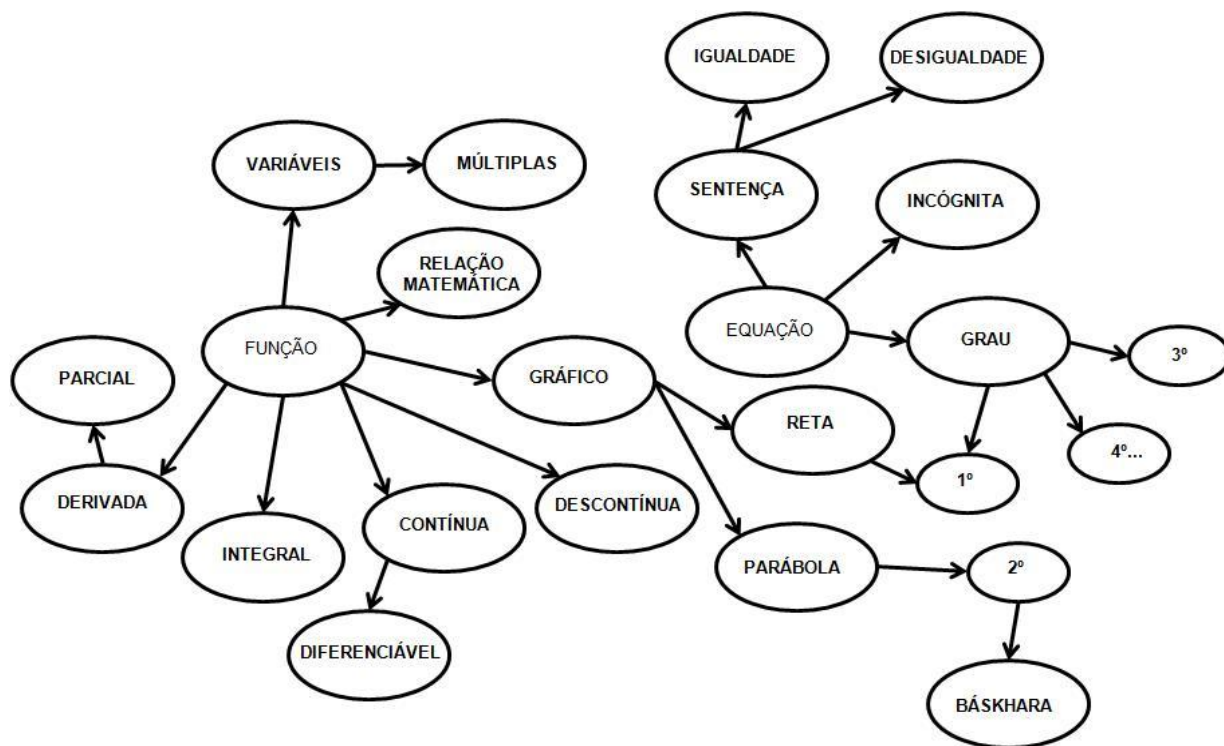


Figura 18 – Mapa Conceitual
Fonte: Aluno 11B



Figura 19 – Mapa Conceitual

Fonte: Aluno 7B

De um modo geral, observa-se nos diferentes mapas conceituais acima que os alunos possuem algum conhecimento matemático, como, por exemplo, relacionar função com gráfico, seja de um modo mais ordenado ou não, relacionamento com conceitos mais aprofundados, vistos em Cálculo, mas também básicos em nível de ensino médio. Observa-se também que determinados alunos optaram por relacionar os conceitos, não se importando com as setas direcionais, assim como alguns que fizeram uso das setas e associaram as palavras de ligação entre as diversas hierarquias. Nas duas turmas, percebe-se uma visão conceitual estanque de ambos os conceitos. A maioria não soube ou preferiu não relacioná-los.

Com os mapas conceituais iniciais produzidos pelos alunos, associados aos resultados do pré-teste obtidos com as duas turmas nesse semestre, juntamente com o experimento piloto realizado em 2008/2, foi desenvolvido um simulador gráfico para o estudo da lei dos gases ideais. O simulador é voltado a suprir as necessidades conceituais dos alunos frente à interpretação e análise de uma equação e função matemática na química, que será apresentado a seguir.

4.4 SIMULADOR GRÁFICO

Analisando os resultados dos dois pré-testes realizados com as turmas e também acompanhando e participando das aulas de laboratório da disciplina de Físico-Química I em 2008/2, observando os alunos a elaborar o relatório da atividade prática realizada, e tomando como base a Epistemologia de Gowin (Figura 5), optou-se por desenvolver um simulador gráfico que atendesse, especificamente, um tópico do programa. Nesse caso, a lei dos gases ideais. A participação em aula foi importante para resolver dúvidas pontuais dos alunos, divididos em grupos de três ou quatro participantes.

Para desenvolver o simulador, utilizou-se a ferramenta *Adobe Flash*, pois trata-se de um *software* gráfico vetorial, isto é, utiliza pontos para construções das diversas formas geométricas básicas até as mais sofisticadas. No âmbito dessa pesquisa, o simulador apresentará como resultado gráfico trechos de uma reta, e também de uma curva. Outro aspecto que levou a escolha dessa ferramenta para o desenvolvimento do simulador foi por apresentar uma variada biblioteca gráfica na sua estrutura interna, que, de certa forma, facilita a parte da programação, assim como a sua posterior visualização em qualquer um dos navegadores da internet, que requer também o *plugin flashplayer* instalado no computador pessoal.

O simulador é constituído de três componentes básicas. A primeira é a estrutura onde foi definida a expressão da lei dos gases, responsável pela entrada dos dados e geração dos resultados, que são ilustrados nas demais, isto é, na área gráfica e em uma tabela de valores de saída. A figura a seguir apresenta a tela inicial do simulador.

Figura 20 – Tela Inicial do Simulador

Fonte: Autor

O estudo da lei dos gases ideais relaciona à pressão, o volume, a temperatura, o número de mols e a constante dos gases mostradas na figura acima. A entrada dos dados se dá pela seleção de uma das transformações na qual se quer observar. Na tela inicial já está pré-selecionada a transformação isobárica, isto é, o fenômeno realizado à pressão constante. Deve-se entrar com um valor para a pressão medida em atmosferas e para o número de mols. Na sequência, insere-se até oito valores para o volume com a sua unidade mensurada em litros, onde a temperatura será calculada em kelvin e visualizada graficamente e analiticamente no simulador.

O simulador permite ainda dois tipos de comparações gráficas e analítica dentro da transformação escolhida. Pode-se atribuir mais dois valores para a variável constante, por exemplo, na figura acima para a pressão e mantendo-se o valor do número de mols. Nesse caso têm-se três gráficos na mesma tela. A outra opção seria manter o mesmo valor para a pressão e inserir dois valores distintos para o número de mols. Na parte de entrada dos dados, existem dois botões para

executar os cálculos e para limpar os dados de entrada. Um terceiro botão se encontra na parte superior da janela para limpar a tela, assim como para trocar a representação gráfica dos tipos de transformações. Um exemplo inicial é mostrado na figura seguinte, que ilustra a transformação isobárica.



Figura 21 – Transformação Isobárica
Fonte: Autor

Na representação acima, foram atribuídos três valores para a pressão, se manteve os mesmos valores de entrada para o volume e o número de mols constante. Percebe-se que a linha mais próxima do eixo horizontal foi com a pressão em uma atmosfera e o número de mol fixo com valor igual a um. A seguir mantiveram-se os mesmos valores para o volume e o número de mols, mas a pressão recebeu duas atmosferas como valor de entrada. Nesse caso é o trecho de reta intermediário na figura acima. Na reta mais afastada do eixo horizontal, a pressão recebe o valor igual a três, mantendo-se os demais valores. Cada uma das retas é representada por cores diferentes relacionadas à ordem dos valores de entrada. Para a primeira, utiliza-se o azul, na segunda inserção de valores o

vermelho, e por fim a cor verde. O cálculo para cada ponto de entrada pode ser visto no canto superior direito com as respectivas variações para a pressão, assim como a referência à transformação representada, nesse caso a isobárica.

Outro aspecto do simulador é a alteração da variável de entrada. Na figura acima representa-se a temperatura em função do volume, mas se poderia ter, por exemplo, o volume em função da temperatura. Para isso, pode-se selecionar a respectiva variável deixando marcado o respectivo botão de seleção. Nessa situação, a temperatura seria representada no eixo horizontal enquanto o volume ficará no eixo vertical com as mesmas considerações feitas sobre as variáveis envolvidas no processo.

Sobre o simulador, estão sendo realizadas melhorias do ponto de vista da funcionalidade e usabilidade. Quando se realiza a representação da transformação isotérmica, a respectiva curva obtida aproxima-se da esperada, mas não é a ideal. Na área superior à esquerda, existe um marcador para representar o reescalonamento, que seria utilizado quando o usuário desejasse alterar a escala, mas o cálculo quando realizado já trata essa questão. Por enquanto optou-se por manter o marcador, mas em uma nova versão é provável que se exclua. No Anexo E são apresentados os demais exemplos referentes ao estudo da lei dos gases ideais.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados descritos no capítulo anterior, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa indicaram o uso dos organizadores avançados para as turmas envolvidas no processo no presente semestre. Os resultados iniciais foram discutidos com a professora. Ficou estabelecido que o grupo de alunos com maior dificuldade seria submetido aos organizadores avançados, e também que a participação dos demais discentes, onde foi identificada a presença dos subsunçores, seria permitida igualmente, desde que se mostrassem dispostos a participar. Estabeleceu-se uma proposta de trabalho para ser executada em um período mínimo de três semanas, em um horário alternativo, onde o aluno teria a opção de escolha, conforme a sua disponibilidade. A proposta de trabalho foi dividida em duas etapas. Na primeira, desenvolveu-se a resolução de exercícios e na seguinte o uso do simulador.

Os conteúdos a serem trabalhados na primeira etapa serão exercícios sobre as operações no conjunto dos números reais, as grandezas diretamente e inversamente proporcionais, e também os logaritmos. No segundo momento, será usado o simulador abordando a equação dos gases ideais e as suas respectivas funções representadas pelas transformações isobárica, isotérmica e isovolumétrica.

5.1 ORGANIZADORES AVANÇADOS NA FÍSICO-QUÍMICA I

A proposta de trabalho consiste na aplicação de exercícios sobre os conteúdos necessários que possibilitem a compreensão e a aplicação dos conceitos de equação e função. Para isso, ainda nos exercícios foram exigidos dos alunos conceitos como a simplificação, a fatoração e a racionalização dentre outros.

5.1.1 As Operações no Conjunto dos Números Reais

Para a realização dessa tarefa, foram selecionadas cinco questões iniciais propostas aos alunos. O objetivo foi verificar o raciocínio frente às questões matemáticas pontuais para apurar o conhecimento efetivo sobre as operações. A metodologia usada foi acompanhar os alunos individualmente, enquanto os mesmos

realizavam a resolução. Caso o rendimento ficasse abaixo do esperado, a resolução seria realizada em sala no quadro, onde depois seriam propostas mais cinco questões relativas ao mesmo conteúdo.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Fatore o número **2520**.
2. Fatore e simplifique a expressão: $(x^2 + x - 6)/(x^2 + 4x - 12)$.
3. Racionalize a expressão: $(3/\sqrt{5})$.
4. Desenvolva a expressão: $(5x+2)/(5x-1)$.
5. Verifique se a expressão $[(a^2)^2] / [(a^3)^3] = (1) / (a^5)$ é verdadeira.

Analisando o rendimento dos alunos, enquanto esses resolviam os exercícios, constatou-se que a maior parte deles não apresenta dificuldade do ponto de vista operacional. Eles conseguem solucionar os problemas baseados nas operações sobre o conjunto dos números reais. A dificuldade encontrada foi entender o significado das expressões como “fatore” e “racionalize”, assim como não fazer uso do símbolo de “igualdade” no desenvolvimento para chegar à resposta correta. Para os alunos que tiveram dificuldade e que afirmaram terem entendido o processo de resolução, foram propostos mais exercícios como atividade de reforço, que serão apresentados a seguir.

Do total de alunos matriculados na disciplina, compareceram cerca de vinte alunos, dos quais dezesseis completaram essa etapa. Não compareceram seis estudantes. Em relação aos que completaram a atividade proposta, em torno de 31,25 % (cinco alunos) apresentaram dificuldades diversas, como, por exemplo, fatorar uma expressão, operações de exponenciação e racionalização.

Sobre os mesmos conteúdos já citados, foram selecionadas mais cinco questões, que foram propostas para o grupo de alunos referenciados acima.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Fatore o número **831600**.
2. Fatore e simplifique a expressão: $(3x^2 - 6x)/(x^2 + 3x - 10)$.
3. Racionalize a expressão: $2/(1 - \sqrt{5})$.
4. Desenvolva a expressão: $(2x+1)/(2x) - (2x-2)/(2x)$.
5. Verifique se a expressão $(1/4)^{-2} > (1/4)^0$ é verdadeira

Dos estudantes que foram identificados com dificuldades, apenas dois conseguiram realizar a tarefa, mas foi necessária a consulta em livros do ensino médio que abordavam os referidos assuntos.

Baseado no acompanhamento das atividades em sala de aula, onde os alunos usaram seus conhecimentos, pode-se dizer que foram criadas condições para o desenvolvimento dos subsunçores relativos às operações com números reais. Na parcela dos alunos que externaram suas dificuldades, verificou-se indícios de aprendizagem mecânica, pois não conseguem relacionar com conceitos mais avançados.

5.1.2 Abordagem dos Logaritmos

Um ponto levantado pelo pré-teste, no qual os alunos demonstraram dificuldades, foi o conceito de logaritmo. Foram selecionadas cinco questões que abordassem de modo abrangente a definição, as propriedades e as suas operações. Da mesma forma, o objetivo era observar o raciocínio frente às questões propostas. A metodologia, também, foi acompanhar os alunos individualmente, enquanto os mesmos realizavam a resolução. Caso o rendimento ficasse abaixo do esperado, a resolução seria realizada em sala no quadro, onde posteriormente seriam propostas mais cinco questões relativas ao mesmo conteúdo.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Resolva o $\log_3 81 = x$, calculando o valor de “ x ”.
2. Determine o $\log_5 (1/5) = y$, para o valor de “ y ”.
3. Aplique as propriedades para a expressão $\log_a (u.v)$.
4. Simplifique a expressão $\log_6 (6.x)$.
5. Verifique se a expressão $2.\log_{24} = 4$ é verdadeira.

Acompanhando o desenvolvimento das questões em sala de aula pelos alunos, verificou-se que uma minoria, cerca de 20% (19,04% = quatro alunos), entre os vinte e um presentes, conseguiram resolver em torno de três e quatro das questões acima.

Para essa situação, foram resolvidos todos os exercícios em sala. Paralelamente, foi abordada toda a parte conceitual, as propriedades, a sua função

inversa, assim como a sua representação no plano cartesiano. Por outro lado, verificou-se a necessidade da realização de mais um encontro para propor novas questões sobre logaritmos. Foram selecionadas outras cinco questões relacionadas ao tema.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Calcule o valor de “**y**”, sabendo que $y = \log_{1/5} 25$.
2. Se $e^x = 4,1$, escreva “**x**” em termos de logaritmo natural.
3. Se $\ln x = -3,8$ escreva “**x**”, utilizando a função exponencial.
4. Um “microscópio eletrônico” tem seu valor dado pela expressão matemática $V(t) = 125.000.(0,91)^t$ dólares, onde “**t**” representa o ano após a compra. Calcule:
 - a. O valor do aparelho após 1 ano e 10 anos de uso.
 - b. Qual o valor do aparelho na data da compra?
 - c. Após quanto tempo o valor do aparelho será de U\$ 90.000?
5. Daqui a “**t**” anos o valor de uma máquina será $V(t) = 50.(0,8)^t$. Quanto tempo seu valor se reduzirá à metade?

Nos exercícios acima a maioria, dos alunos apresentou dificuldades na compreensão dos conceitos básicos necessários para a resolução das cinco questões propostas. Nesse encontro, com quinze alunos presentes, em torno de doze (80%) afirmam que não conseguem relacionar até o momento o conceito de logaritmos na disciplina de Físico-Química I e também em outras disciplinas da área de química. Em relação à menor parcela que conseguiu resolver a maioria dos exercícios propostos, os alunos afirmam não ter um amadurecimento suficiente sobre a utilização de logaritmos nas diversas áreas da química, apesar de dominarem a parte conceitual.

Nesse caso, percebe-se claramente o processo de aprendizagem mecânica numa parcela inferior a 50% da turma presente no encontro. Os subsunçores existem, mas não são relacionados com o conhecimento existente.

5.1.3 Grandezas Diretamente Proporcional e Inversamente Proporcional

O resultado do pré-teste mostrou que uma parcela pequena das duas turmas conseguiu resolver as questões relativas a esse tópico. Foram selecionadas cinco questões que abordassem a utilização das grandezas diretas e inversas. Da mesma forma, o objetivo foi observar o raciocínio frente às questões propostas. A metodologia, a mesma utilizada, foi o acompanhamento dos alunos individualmente, enquanto os mesmos realizavam a resolução dos problemas propostos. Caso o rendimento ficasse abaixo do esperado, a resolução seria feita em sala no quadro, onde depois seriam propostas mais cinco questões relativas ao mesmo conteúdo.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Paguei \$ 600,00 por 5m de um tecido. Quanto pagaria por 8m desse tecido?
2. Um carro, com velocidade de 80 km/h, percorre um trajeto em 4 horas. Em quanto tempo esse mesmo trajeto seria percorrido se a velocidade do carro fosse de 64 km/h?
3. Numa indústria, quatro máquinas trabalhando 8 dias produzem 600 peças. Em quantos dias duas máquinas produziriam 900 peças?
4. Um operário levou 10 dias de 8 horas para fazer 1000 metros de um muro. Quantos dias de 6 horas levaria para fazer 2000 metros de um outro muro que apresenta uma dificuldade igual a $\frac{3}{4}$ do primeiro?
5. Uma sala de 0,007 km de comprimento, 80 dm de largura e 400 cm de altura, tem uma porta de 2,40 m² de área e uma janela de 2 m² de área. Sabendo-se que com 1 litro de tinta pinta-se 0,04 dm², calcule a quantidade de tinta em litros, necessária para pintar a sala toda, inclusive o teto.

Nesse encontro, realizou-se o mesmo procedimento, isto é, o acompanhamento individual dos alunos enquanto realizavam a resolução. Foi observada a relação com o uso de regra de três simples e composta, assim como o reconhecimento das grandezas diretamente proporcionais e das grandezas inversamente proporcionais. Os alunos perceberam que a fórmula de resolução é elaborar uma equação que levará à resposta ao problema proposto. Todas as questões foram resolvidas pela maioria dos dezoito presentes em sala. Uma parcela

menor da turma, em torno de 20% dos presentes, quatro alunos (22,22 %), afirmou ter dificuldade na construção da equação. Eles não tinham certeza se as variáveis eram grandezas diretas ou inversas.

Para o grupo de alunos no qual o rendimento ficou abaixo do esperado foram propostas mais cinco questões relativas ao mesmo conteúdo.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Com 100 kg de trigo pode-se fazer 85 kg de farinha. Qual a quantidade de farinha que se obtém com 480 kg de trigo?
2. A sombra de uma chaminé mede 4,5 metros e a de uma vara vertical, no mesmo instante, é 0,9 metros. Calcule a altura da chaminé sabendo-se que a vara tem 2 metros de comprimento.
3. Um livro tem 300 páginas com 25 linhas em cada uma. Para reimprimi-lo, empregando os mesmos caracteres, quantas páginas de 30 linhas são necessárias?
4. Vinte homens podem arar um campo em 6 dias, trabalhando 9 horas por dia. Quanto tempo levarão para arar o mesmo campo 12 homens trabalhando 5 horas por dia?
5. Uma firma construtora preparou 20 km de leito da estrada contratada em 200 dias de 8 horas de jornada de trabalho, utilizando 9 máquinas e empregando 45 homens. Em quantos dias de trabalho concluirá a preparação de outros 24 km, da mesma estrada, se for utilizado na obra 10 máquinas e 48 homens em jornada diária de 9 horas, sabendo-se que a dificuldade deste trecho é $\frac{4}{5}$ do trecho concluído?

Em relação aos alunos com dificuldades, citados anteriormente, até o momento nenhum deu o retorno sobre as cinco questões acima.

Em relação à teoria da aprendizagem significativa, pode-se afirmar que uma parcela dos alunos é possuidora dos subsunçores relativos às grandezas vistas. Igualmente, na parcela complementar dos alunos presentes, verifica-se a aprendizagem mecânica, pois estes relacionaram a construção da equação a uma regra, ou seja, passos que devem ser seguidos até a construção da referida equação. Neste caso, se deve analisar a resposta. Quando esta não fazia sentido, eles percebiam que haviam invertido uma das grandezas envolvidas no processo.

5.1.4 Equações e Funções

Para explorar os conceitos acima, se fará uso do simulador desenvolvido, assim como os conceitos prévios necessários: Por exemplo, variáveis independentes e dependentes, domínio e imagem, resolução de equações, grandezas diretamente proporcionais e inversamente, e também comparações entre os tipos de funções dentro da mesma transformação. Foram elaboradas cinco questões para se fazer uso do simulador, objetivando o acompanhamento do raciocínio frente ao questionamento, onde a teoria matemática será confrontada aos conceitos da disciplina Físico-Química I pelo professor. A justificativa para elaboração das questões abaixo seria a de verificar o entendimento e a compreensão de conceitos aplicados.

As questões selecionadas foram as seguintes:

1. Na transformação isovolumétrica, quais seriam as variáveis independente e dependente?
2. Como seria expressa, usando a notação de função matemática, a relação entre as variáveis envolvidas na transformação isobárica?
3. Selecionando a transformação isovolumétrica e atribuindo oito valores para a pressão, (são eles: 1 atm, 3 atm, 5 atm, 7 atm, 9 atm, 11 atm e 13 atm); e fixando-se o número de mols, primeiramente, igual um, a seguir deve-se clicar no botão calcular. Após, repete-se o processo para os mesmos valores da pressão, mas altera-se o número de mols para dois, executa-se o cálculo novamente. E, por fim, repete-se o processo para número de mols igual a três. O que se pode afirmar em relação a todas as variáveis envolvidas no processo?
4. Como seria a notação matemática da função, se representássemos uma transformação isovolumétrica a duas variáveis, isto é, se o plano representado fosse a três dimensões?
5. O que se observa dentro de uma das transformações, quando se varia o número de mols?

As respostas obtidas com as questões acima demonstraram que os alunos possuem dificuldades, como, por exemplo, identificar os tipos de variáveis, se são independentes ou dependentes, usar a notação tradicional de função matemática, reconhecer as variáveis inversamente proporcionais. Neste caso, segundo alguns quando questionados, a representação gráfica seria uma função do segundo grau. Outro aspecto importante foi à dificuldade em transpor em palavras escritas o raciocínio matemático. Foi percebida a insegurança quanto ao uso correto dos conceitos.

5.2 ANÁLISE GERAL DO PROCESSO

Os resultados obtidos com esse trabalho de pesquisa apontam para evidências da aprendizagem significativa, isso se deve à observação em relação aos alunos na realização das tarefas propostas. Ao concluir a pesquisa, foi proposta a construção de um novo mapa conceitual de cada aluno, frente aos conceitos de equação e função. Para isso utilizaram-se os reCursos do simulador e, de um modo geral, houve melhora em relação ao Mapa Conceitual. O “Vê” Epistemológico de Gowin e o uso do simulador, associados aos resultados obtidos, permitiu responder às hipóteses levantadas na tabela 1. As hipóteses apontadas na metodologia foram:

- Os alunos possuem conhecimento prévio de conceitos de equação e função?
- Os organizadores avançados podem auxiliar na aquisição de subsunçores?
- A equação dos gases ideais permite a interpretação de suas variáveis através do *software* (simulador)?
- O mapa conceitual final terá mais especificações que o inicial, fornecendo subsídios para o acompanhamento da aprendizagem, conforme o pré-teste?
- Os alunos aprendem através da diferenciação progressiva e reconciliação integradora?

Os alunos demonstravam conhecimento sobre os conceitos de equação e função do ponto de vista matemático, mas não conseguiam relacionar com a parte aplicada da Química, mais especificamente a Lei dos Gases Ideais. Os organizadores avançados contribuíram de forma eficaz na verificação dos

subsunçores. Assim, os estudantes conseguiram, com acompanhamento do professor, interpretar as variáveis envolvidas no processo. O mapa conceitual final apresentou as definições relacionadas de maneira correta, mas simplificada e sem as especificações esperadas. Para identificar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora seria necessário desenvolver um número maior de atividades que permitiriam a identificação das mesmas.

6 CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA

A atividade de identificar o conhecimento adquirido e confrontar com a aplicabilidade do mesmo é uma tarefa árdua, pois exige comprometimento do grupo de alunos que buscam realmente o domínio por completo do conceito transmitido pelo professor. Isso desperta o senso crítico nos alunos e contribui para a sua posterior formação.

No âmbito dessa pesquisa, percebeu-se no início da proposta do trabalho que os alunos não estavam muito motivados para desempenhar o seu papel. Tanto no experimento piloto como no presente semestre isso foi notório. O desafio inicial foi motivar os alunos, mostrando a aplicabilidade de alguns dos conceitos matemáticos dentro da química. Isso aconteceu na primeira atividade prática da disciplina de Físico-Química I no laboratório, através do uso de um *software*, nesse caso o *Modellus*.

Foi realizada a investigação da existência de subsunçores relacionados à capacidade de resolver problemas que envolvam o raciocínio algébrico e analítico aplicados à equação e à função. Num primeiro momento, verificou-se a inexistência dos respectivos subsunçores. Para isso, foram selecionados pré-requisitos conceituais de modo que possibilitassem a ativação dos subsunçores. O passo inicial foi a aplicação de um pré-teste que verificou um número considerável de alunos com problemas conceituais relativos à operação com os números reais, logaritmos e às grandezas diretamente e inversamente proporcionais. Alguns dos subsunçores relativos a esses tópicos, tais como operações com os números e a diferença entre as grandezas, foram identificados em uma parcela pequena dos alunos, perfazendo um total de 45% (quarenta e cinco por cento). Na etapa seguinte, se fez uso dos organizadores avançados, proposto por Ausubel (2003), como um mecanismo pedagógico importante para a efetivação do processo de aprendizagem de conceitos matemáticos.

O processo de usabilidade do simulador se fez pela aprendizagem por recepção, segundo Ausubel (2003). Espera-se que o simulador possa efetivamente contribuir com a assimilação dos conceitos, pois permite realizar comparações dentro da respectiva transformação através de três tipos de funções representadas no mesmo espaço, onde a variação do número de mols possibilita uma análise

matemática mais efetiva. Assim como a seleção das variáveis independentes permite a mesma inferência e também a variável, que assume um valor constante ao longo do processo.

No acompanhamento do processo de desenvolvimento da aprendizagem nas situações vivenciadas na sala de aula, foi identificado que os alunos possuem a capacidade de reconhecer e de definir problemas, assim como pensar. Mas também foi constatado que encontram dificuldades em equacionar as soluções, realizar a sua análise e dar a devida interpretação corretamente.

Os resultados, até o presente momento, não ilustram a ocorrência dos processos cognitivos da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, espera-se que o uso efetivo do simulador possa contribuir nesses aspectos da aprendizagem significativa realizando um número maior de tarefas em sala de aula.

Percebe-se também que a interdisciplinaridade contribuiu para a organizar o pensamento e complementar o conhecimento adquirido do aluno, possibilitando uma visão geral do conceito ensinado, assim como a sua aplicabilidade dentro da disciplina de Físico-Química I. Isso pode ser estendido a outras disciplinas que permitam a associação da Matemática e da Química.

A utilização de recursos de vídeo pode contribuir de maneira eficaz para o pensamento frente às questões de análise e interpretações, ou explicações sobre o grau de conhecimento em determinado conteúdo, relacionando duas áreas como a Matemática e a Química.

O uso dos mapas conceituais iniciais e finais, esse último a ser desenvolvido, pode demonstrar a evolução dos alunos no aspecto da compreensão dos conceitos de equação e funções, pois tem a capacidade de especificar ou reorganizar as relações existentes na estrutura cognitiva explicitadas inicialmente, assim como também o aumento do número de conceitos relacionados.

A utilização do simulador certamente trará outras contribuições para a pesquisa, assim como o acréscimo de novos resultados aos já alcançados até o momento. Pretende-se também aprimorar a sua funcionalidade, assim como a sua interface de maneira a abarcar novas situações que envolvam o estudo dos gases. Podem-se incluir vídeos dentro do simulador de modo a inserir explicações da parte conceitual das diferentes transformações dos gases e, da mesma forma, estabelecer relações com os gases reais.

Pretende-se ainda pesquisar materiais para a elaboração de novos objetos virtuais para os demais tópicos da disciplina de Físico-Química I.

Espera-se que essa pesquisa sirva de motivação para se trabalhar com outras áreas com a finalidade de privilegiar a interdisciplinaridade, utilizando o recurso humano e tecnológico disponíveis. Claro que para isso se faz necessário envolver mais pesquisadores e professores.

Pretende-se realizar trabalhos futuros, inicialmente para suprir aspectos que não foram contemplados, como, por exemplo, o recurso de gravação das aulas para acompanhar os alunos. Para isso, sugere-se uma nova pesquisa com instrumentos diferenciados em relação aos usados até o presente momento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; BORSSOI, Adriana Helena. Buscando Evidências da Aprendizagem Significativa nas Produções dos Alunos, em Ambiente de Modelagem Matemática. In: II SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003, Santos. Anais. Santos, 2003. 1 CD-ROM, [s.p.].
- ANASTASIOU, Léa das Graças Camargo; ALVES, Leonir Pessate. **Processos de Ensino na Universidade**: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. Joinville: UNIVILLE, 2006.
- ANDERSON, John Robert. **Aprendizagem e Memória**: uma abordagem integrada. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.
- ANDERSON, John Robert. **Psicologia Cognitiva e suas Implicações Experimentais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004.
- ATKINS, Peter Willian. **Físico-Química**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2003.
- AUSUBEL, David Paul. Algunos Aspectos Psicológicos de la Estructura del Conocimiento. In: ELAM, S. **La Educacion y la Estructura del Conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973. P. 211-238.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, David Paul. **Educational Psychology**: a cognitive view. New York: Holt Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.
- BERGER, G. **Opinions and Facts in Interdisciplinarity**: problems of teaching and research in universities. OCDE, 1972.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Qualidade de Ensino de Matemática na Engenharia**: uma proposta metodológica e curricular. Florianópolis, 1997. 302 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. São Paulo: Contexto, 2003.

CARLOS, Jairo Gonçalves. **Interdisciplinaridade**: o que é isso?. Disponível em: <http://www.unb.br/ppgec/dissertacoes/proposicoes/proposicao_jairocarlos.pdf>. Acesso em: 13 set. 2008

COLL, César et al. **O Construtivismo na Sala de Aula**. São Paulo: Ática, 2001.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Da Realidade à Ação**: reflexões sobre educação e matemática. Campinas: UNICAMP, 1986.

DUTRA, Ítalo Modesto et al. Uma Base de Dados para Compartilhamento de Experiências no Uso de Mapas Conceituais no Acompanhamento de Processos de Conceituação. **Renote**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 3-6, 2006.

EICHLER, Marcelo Leandro et al. Uma Proposta para o Desenho Interdisciplinar de Ambientes Virtuais para Aprendizagem de Ciências. **Renote**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 1-13, set. 2003.

FARIA, Wilson de. **Mapas Conceituais**: aplicações ao ensino, currículo e avaliação. São Paulo: EPU, 1995.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. 4. ed. Campinas: Papirus, 1994.

FERRACIOLI, Laércio. Exemplos na Área de Informática na Educação. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 12., 2006, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBC, 2006. 1 CD-ROM.

GAGNÉ, Robert Mills. **Como se Realiza a Aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

GOWIN, D. Bob. The Structure of Knowledge. **Educational Theory**, Urbana, v. 20, n. 4, p. 319-328, 1970.

GOWIN, D. Bob. **Educating**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1981.

HEWSON, Peter. A Conceptual Change Approach to Learning Science. **European Journal of Science Education**, London, v. 3, n. 4, p. 383-396, 1981.

JANTSCH, Ari Paulo; BIANCHETTI Lucídio. **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia do sujeito. 5. Ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e Patologia do Saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MAGNAGO, Karine Faverzani; MARTINS, Márcio Marques; MENDES, Jeferson Noberto Marinho. Modelo Matemático de Orbitais Atômicos: o uso de aplicativo maple para obter resultados. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CDROM.

MENDONÇA, Maria do Carmo Domite. **Problematização**: um caminho a ser percorrido em educação matemática. Campinas, 1993. 307 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

MERLOT. **Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching**. Disponível em: <<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2008.

MIRAS, Mariana. Um Ponto de Partida para a Aprendizagem de Novos Conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, César (Eds.) et al. **O Construtivismo na Sala de Aula**: novas perspectivas para a ação pedagógica. Porto: ASA, 2001. P. 54-73.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Márcio Tarciso; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papirus, 2003.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: UNB, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas conceituais & Diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas Conceituais como Instrumentos para promover a Diferenciação Conceitual Progressiva e a Reconciliação Integrativa. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 474-479, 1980.

MOREIRA, Marco Antonio. **Pesquisa em Ensino**: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do vê epistemológico de Gowin. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, Marco Antonio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem**: os mapas conceituais e o vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa**: A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, Joseph Donald. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

NOVAK, Joseph Donald. **Theory of Education**. New York: Cornell University Press, 1977.

NOVAK, Joseph Donald. **Teoría y Practica de la Educación**. Madrid: Alianza, 1988.

NOVAK, Joseph Donald.; GOWIN, D. Bob. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas; Ithaca, Nova York: Cornell University Press, 1996.

NOVAK, Joseph Donald; GOWIN. D. Bob. **Learning How to Learn**. Cambridge, UK: University Press, 1985.

PENÃ, Antonio Ontoria. **Mapas Conceituais**: uma técnica para aprender. Portugal: Edições ASA, 1994.

PIAGET, Jean. The Epistemology of Interdisciplinary Relationships. In: APOSTEL, Leo et al. **Interdisciplinarity**: problems of teaching and research in universities. OCDE, 1972. P. 127-139.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.

RIVED. **Rede Interativa Virtual de Educação**. SEED/MEC. Disponível em: <<http://www.rived.mec.gov.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2008.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. **Aprendizagem Significativa**: modalidade de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SOUZA, Flávio Severiano Lamas de et al. Uma Abordagem para Comparação de Mapas Conceituais utilizando Correspondência de Grafos. **Renote**: revista novas tecnologias na educação, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1-10, dez. 2006.

TEIXEIRA, Leny Rodrigues Martins. A Abordagem Psicogenética e a Teoria de Ausubel: um diálogo sobre o caráter lógico do conhecimento. **Série Estudos**, Campo Grande, n. 21, p. 67-80, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Instituto de Química e Geociências. Colegiado do Curso de Química. **Projeto Pedagógico**: bacharelado de química. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/iqg/colégiado/pdfbl/PPB.pdf>. Acesso em: 15 ago 2008.

WURMAN, Richard Saul. **Ansiedade de Informação**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.

ANEXOS

ANEXO A – Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE FÍSICA E MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES: A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte – Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 – O que é uma equação matemática?

2 – O que você entende por uma função matemática?

3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

2ª Parte – Resolva as seguintes questões:

a - $\frac{4}{0} = \dots\dots$ Como você pensou a solução?

b - $3^0 = \dots\dots$ Como você pensou a solução?

c - $2^{-1} = \dots\dots$ Como você pensou a solução?

d - $3^{\frac{1}{2}} = \dots\dots$ Como você pensou a solução?

e - $\sqrt[3]{8} = \dots\dots$ Como você pensou a solução?

f - $x^2 = 36 \Rightarrow x = \dots\dots\dots$ Como você pensou a solução?

g - $x^3 = 27 \Rightarrow x = \dots\dots\dots$ Como você pensou a solução?

h - $\log_2 16 = x \Rightarrow x = \dots\dots\dots$ Como você pensou a solução?

i - Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

<hr/>	Como você pensou a solução?
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>

j - Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

<hr/>	Como você pensou a solução?
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>

ANEXO B – Aula Prática no Laboratório

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E INORGÂNICA
FÍSICO-QUÍMICA IB e 1L – AULA PRÁTICA NO LABORATÓRIO.

UTILIZANDO O *SOFTWARE MODELLUS* PARA SIMULAR O COMPORTAMENTO DOS GASES

Objetivos da aula prática:

1º - Entender o comportamento de gases ideais sob o ponto de vista da Equação de Clapeyron e da teoria cinética dos gases:

2º - Aprender noções de operação de um software livre usado para simulação.

O programa *Modellus* é utilizado para simulações em diversas áreas do conhecimento. Neste caso será utilizado para estudar o comportamento dos gases ideais. É um *software* livre que você pode obter através do site: <<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>>

ESTUDANDO A EQUAÇÃO FENOMENOLÓGICA DE ESTADO

- 1) Acesse o programa *modellus*. Você visualizará a página inicial do programa.
- 2) Essa página consiste de quatro janelas: Modelo, Controle, Condições iniciais e notas.
- 3) Primeira parte: Estudo dos gases ideais através da equação fenomenológica:
 $PV=nRT$
- 4) Existem várias variáveis (**P, V, T, n**).

A) EQUAÇÃO DE CLAPEYRON: TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA EM GÁS IDEAL:

- 5) Vamos definir **P** em função de volume e temperatura. **0,7 mols**.
- 6) Expresse a pressão, na equação de estado em função das outras variáveis. Escreva essa expressão na janela de modelo do programa.

Obs. Lembre-se de digitar cuidando quais letras são maiúsculas e quais deverão ser minúsculas. O sinal de multiplicação deve ser digitado pela tecla asterisco (*) ou pela barra de espaço.

- 7) Na janela de Modelo do programa, *clique* em “interpretar”. E aparecerá uma janela caso 1. Na janela de controle está à variável **t** (tempo) como independente. Mas como queremos analisar **V** em função da temperatura, devemos indicar na janela que a variável independente é a temperatura (**T**).
- 8) Clique no botão OPÇÕES na janela de controle. Isso fará abrir uma nova janela. Substitua **t** por **T** na opção variável independente desta nova janela. Para limites, vamos simular para uma temperatura variando de **300 K (270C)** e **400 K (1270C)**. No final clique OK.

Agora o programa “sabe” quais são as variáveis e o que calcular.

Ex. simular uma amostra de **0.7** gás ideal contida em **1 atm** (PCTE; **R=0.082 atm.Lmol⁻¹.K⁻¹**).

- 9) Na janela condições iniciais digite os valores acima.
- 10) Para que possamos enxergar a simulação, temos que definir o que o programa irá desenhar graficamente. Para isso, clique na opção JANELA (na barra superior, menu principal) e escolha um NOVO GRÁFICO.
- 11) Aperte PLAY (▶). Nada aconteceu? Clique em AJUSTE na janela do gráfico e clique novamente em PLAY.
A simulação está lenta? Tente mudar o valor do passo na janela CONTROLE (no início usar **0.1**).
- 12) Agora iremos criar alguns casos diferentes. Vamos simular algumas transformações isométricas para um gás ideal comparando diferentes temperaturas em diferentes “casos”.
- 13) Clique em CASO e então em ADICIONAR. Você verá surgir uma nova coluna na tabela de CONDIÇÕES INICIAIS escrita CASO 2. Esses valores inicialmente são idênticos ao anterior. Vamos então modificar o volume deste novo caso para **30 L**. Veja que as mudanças da pressão com a temperatura dependem do volume ocupado pelo gás.
- 14) Antes de simular, na janela GRÁFICO, aparecem, acima, dois pequenos botões referentes aos casos, um preto e outro verde.

15) Clique no botão Verde, pois o preto já está selecionado. Clique novamente em PLAY.

B) EQUAÇÃO DE CLAPEYRON: TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA EM GÁS IDEAL

- 1) Vamos analisar na simulação de transformações isotérmicas a **270C (300K)**
- 2) Escreva a expressão na janela MODELO do programa. Clique no botão de opções da janela de controle e substitua a variável **T** por **V**. Escolha os limites **0** e **20 L** e confirme a escolha. Clique em interpretar, na janela do Modelo. Dê entrada nos valores de **n**, **R**, **T** na janela das condições iniciais. Abra uma janela gráfica nova e simule o comportamento do modelo num gráfico **PxV**. Clique em AJUSTAR e dê zoom para visualizar o gráfico. Dê duplo clique no gráfico para ajustar escala.
- 3) Iremos criar alguns “casos” diferentes. Vamos simular transformações isotérmicas para gás ideal comparando diferentes temperaturas em diferentes “casos”.
- 4) Clique em CASO e então em ADICIONAR e repita novamente. Você verá surgir duas novas colunas na tabela de CONDIÇÕES INICIAIS. Modifique a temperatura dos 3 casos para **T=200 K**, **T=300 K** e **T=400K**.
- 5) Antes de simular, na janela GRÁFICA, aparecem, acima, três pequenos botões diferentes aos casos, um preto, outro verde e outro cor de rosa. Ative todos os botões. Clique novamente em PLAY.

PERGUNTA: Você consegue fazer com que duas curvas se cruzem? Tente com temperaturas muito próximas. Você poderá Ter de utilizar o ZOOM, clicando e arrastando o *mouse* dentro da janela de gráfico.

ANEXO C – Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES:

A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte – Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 – O que é uma equação matemática?

2 – O que você entende por uma função matemática?

3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

variável independente é que não depende de nenhuma variável
variável dependente é que depende de alguma variável

5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

Um gráfico pode indicar a variação de várias coisas como temperatura de uma substância pode definir uma função

2ª Parte - Resolva os seguintes problemas:

$$a - \frac{4}{0} = \frac{7}{7}$$

$$b - 3^0 = 1$$

$$c - 2^{-1} = \frac{1}{2}$$

$$d - 3^{1/2} = \sqrt{3}$$

$$e - \sqrt[3]{8} = 2$$

$$f - x^2 = 36 \Rightarrow x = 6$$

$$g - x^3 = 27 \Rightarrow x = 3$$

$$h - \log_2 16 = x \Rightarrow x = 4$$

i - Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

j - Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

5 dias

$$\begin{array}{r} 150 \text{ km} \quad 48 \text{ h} \quad 3 \text{ horas} \\ 400 \text{ km} \quad \quad \quad 4 \text{ horas} \end{array}$$

$$128 \text{ h}$$

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES:

A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte – Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 – O que é uma equação matemática?

2 – O que você entende por uma função matemática?

3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

Expressar resultados através de pontos em um determinado eixo

2ª Parte - Resolva os seguintes problemas:

$$a - \frac{4}{0} = \dots 0$$

$$b - 3^0 = \dots 1$$

$$c - 2^{-1} = \dots \frac{1}{2}$$

$$d - 3^{\frac{1}{2}} = \dots \sqrt{3}$$

$$e - \sqrt[5]{8} = \dots 2$$

$$f - x^2 = 36 \Rightarrow x = \dots 6$$

$$g - x^3 = 27 \Rightarrow x = \dots 3$$

$$h - \log_2 16 = x \Rightarrow x = \dots 4$$

i - Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

Dentes voltas

$$50 - x$$

$$40 - 600 \text{ (2)}$$

$$\frac{50}{40} = \frac{600}{x}$$

$$x = 480 \text{ voltas}$$

j - Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

km	d	h
150	2	3
400	x (1)	4 (2)

$$\frac{150}{400} = \frac{x \cdot 4}{2 \cdot 3} \Rightarrow \frac{150}{400} = \frac{3x}{2}$$

$$\frac{1200}{400} = 3x$$

$$3 = 3x$$

$$x = 1 \text{ dia}$$

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES:

A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte – Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 – O que é uma equação matemática?

2 – O que você entende por uma função matemática?

3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

variável independente - independe de um valor. ex
 seja não importa o valor desta variável
 dependente - ja tem um valor

5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

demonstrar se a função existe, se é contínua ou
 descontínua

2ª Parte - Resolva os seguintes problemas:

$$a - \frac{4}{0} = \underline{0}$$

$$b - 3^0 = \underline{1}$$

$$c - 2^{-1} = \underline{1}$$

$$d - 3^{\frac{1}{2}} = \underline{\sqrt{3}}$$

$$e - \sqrt[3]{8} = \underline{2}$$

$$f - x^2 = 36 \Rightarrow x = \underline{\pm 6}$$

$$g - x^3 = 27 \Rightarrow x = \underline{3}$$

$$h - \log_2 16 = x \Rightarrow x = \underline{\dots\dots\dots}$$

i - Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

$$\frac{50}{40} = \frac{x}{600} \quad x = \underline{750 \text{ voltas}}$$

j - Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES:

A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte - Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 - O que é uma equação matemática?

Equação matemática é usado para descobrir valores desconhecidos.

2 - O que você entende por uma função matemática?

É quando usamos um único método de resolver um problema.

3 - Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

~~Uma função acha um único valor para cada método de resolver e equação pode achar vários valores.~~
 Função acha um único valor para cada método de resolver e equação pode achar vários valores.

4 - Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

Não sei

5 - Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

Visualizar de forma mais clara os resultados obtidos.

2ª Parte - Resolva os seguintes problemas:

a. $\frac{4}{0} = \underline{\text{div}}$

b. $3^0 = 1$

c. $2^{-1} = \dots$ não sei

d. $3^{\frac{1}{2}} = \dots$ não sei

e. $\sqrt[3]{8} = 2$

f. $x^2 = 36 \Rightarrow x = \underline{6}$

g. $x^3 = 27 \Rightarrow x = \underline{3}$

k. $\log_2 16 = x \Rightarrow x = \dots$ não sei

i. Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

50 dentes 1ª roda / 40 dentes 2ª roda
 $50 - 70$
 $40 - 600$
 $40x = 30000$
 $x = 750$

j. Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

~~150~~ 2 dias x 3 horas por dia = 6 horas de pedalado
então por hora = $150 = 25 \text{ km/h}$
4 horas x 25 km = 100 por dia x 4 dias = 400 km
4 dias

Atividade de Verificação de Conceitos Matemáticos

INSTRUÇÕES:

A atividade proposta objetiva a verificação de conceitos matemáticos aplicados na Química. Responda as perguntas e resolva os problemas propostos, conforme o seu conhecimento sobre Matemática.

1ª Parte – Responda as seguintes perguntas com suas palavras de forma clara, direta e objetiva:

1 – O que é uma equação matemática?

É uma relação de igualdade, na qual uma incógnita pode ser definida.

2 – O que você entende por uma função matemática?

Em uma função, a incógnita é uma variável independente que determina uma outra variável, nesse caso independente. A incógnita pode assumir diferentes valores.

3 – Qual a diferença entre uma função e uma equação? Justifique sua resposta.

Na equação a incógnita é determinada. Na função a incógnita pode assumir valores determinados, desde que sejam atribuídos valores próprios a variável independente.

4 – Dê a definição ou explique o significado de uma variável independente e uma variável dependente.

A variável independente é aquela que pode assumir valores sem depender de outras variáveis. A variável dependente depende da independente!

5 – Qual o significado e a finalidade de um gráfico na matemática?

Um gráfico representa uma função no qual são anemidos valores que formam pontos para associação das variáveis dependentes e independentes.

2ª Parte - Resolva os seguintes problemas:

a - $\frac{4}{0} = \dots$ $\frac{4}{0}$

b - $3^0 = \dots$ 1

c - $2^{-1} = \dots$ $\frac{1}{2}$

d - $3^{\frac{1}{2}} = \dots$ $\sqrt{3}$

e - $\sqrt[3]{8} = \dots$ 2

f - $x^2 = 36 \Rightarrow x = \dots$ ± 6

g - $x^3 = 27 \Rightarrow x = \dots$ 3

h - $\log_2 16 = x \Rightarrow x = \dots$ 4

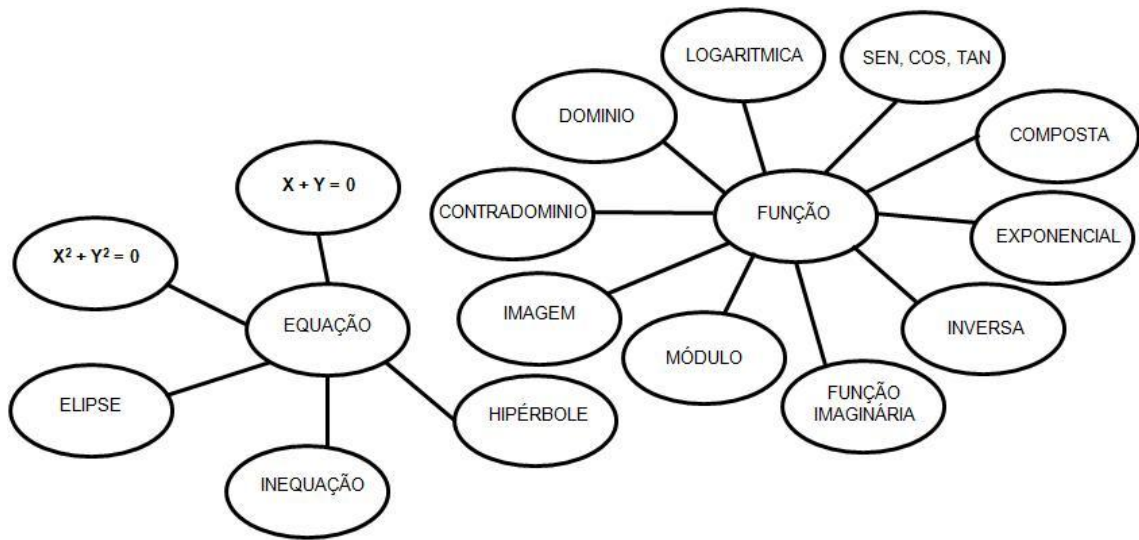
i - Uma roda com 50 dentes engrena com outra de 40 dentes. Qual o número de voltas da primeira, quando a segunda dá 600 voltas por minuto?

DENTES	VOLTAS		
50	x	$\frac{50}{40} = \frac{600}{x}$	$x = \frac{600 \times 40}{50} = 480 \text{ voltas}$
40	600 (6)		

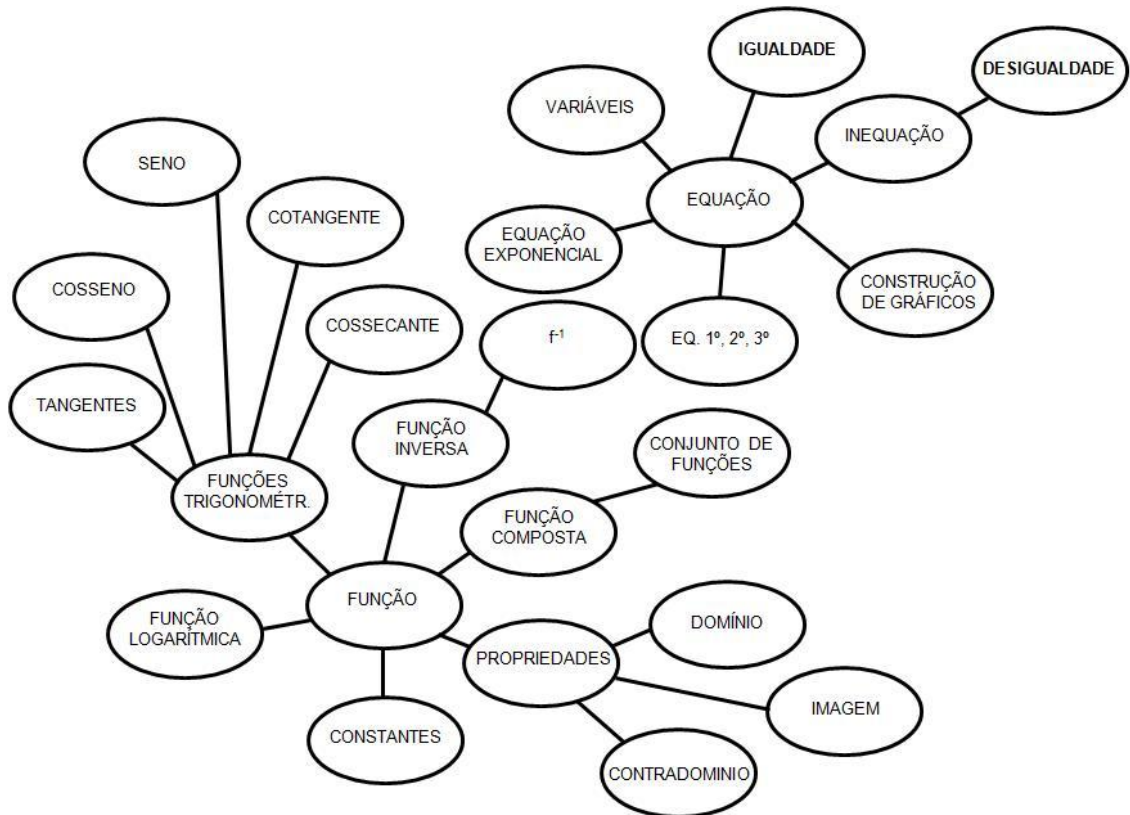
j - Um ciclista percorreu 150 km em 2 dias, pedalando 3 horas por dia. Em quantos dias faria uma viagem de 400 km pedalando 4 horas por dia?

Km	DIAS	HORAS		
150	2	3	$\frac{150}{400} = \frac{x \cdot 3}{2 \cdot 4}$	$x = \frac{8 \times 150}{3 \times 400} = 1 \text{ dia}$
400	x (1)	4		

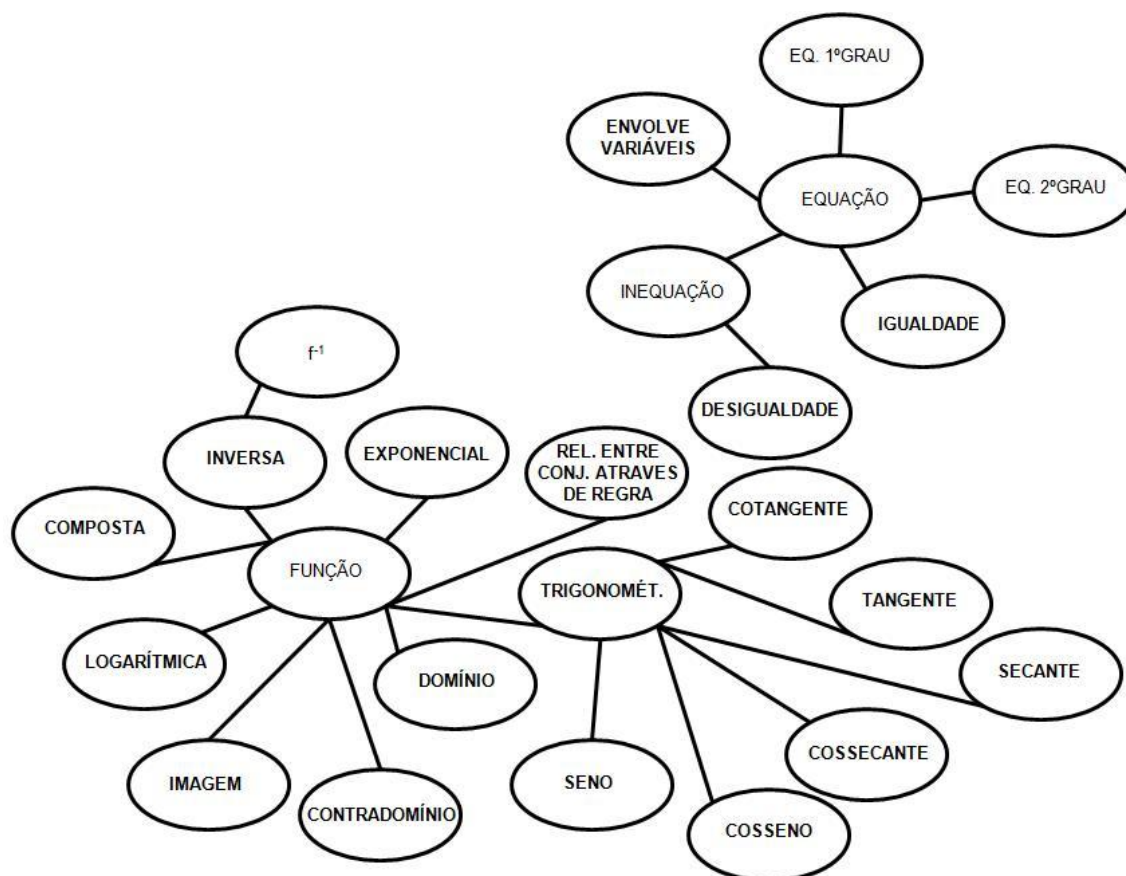
ANEXO D – Mapas Conceituais Iniciais



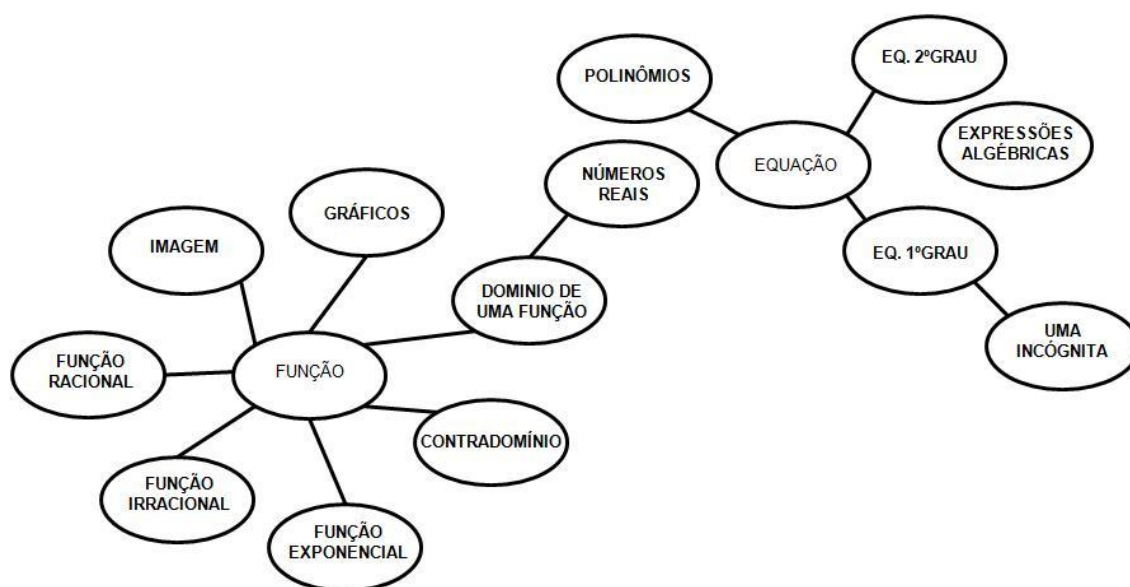
Fonte: Aluno 1B



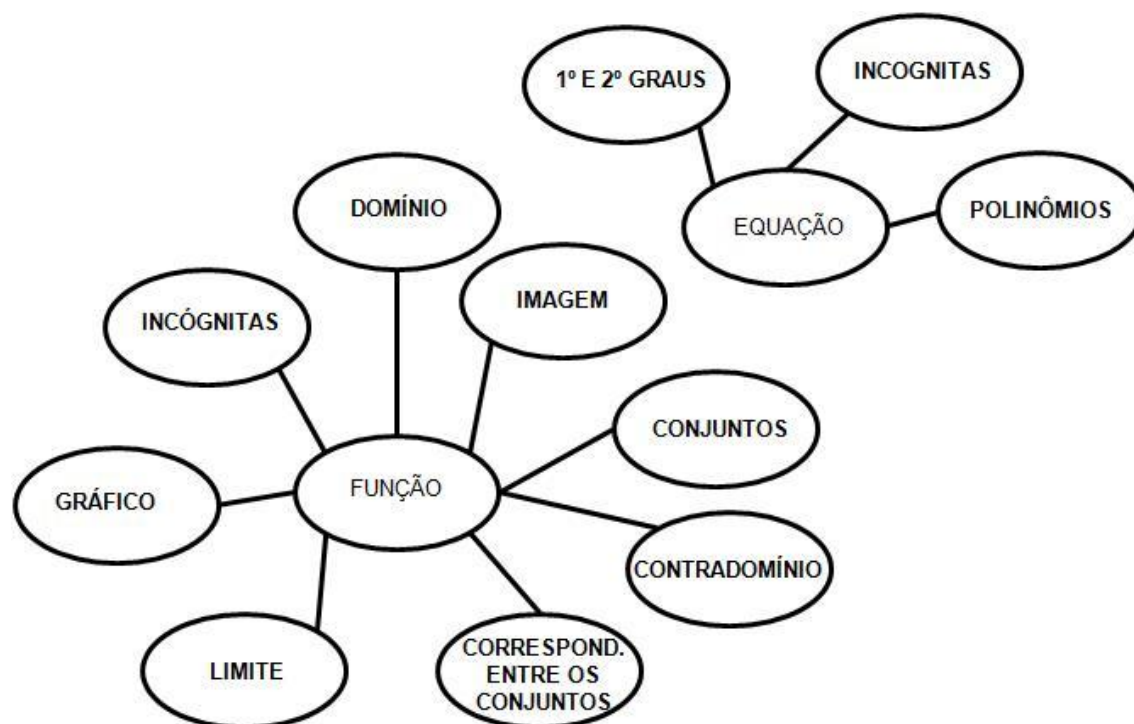
Fonte: Aluno 2B



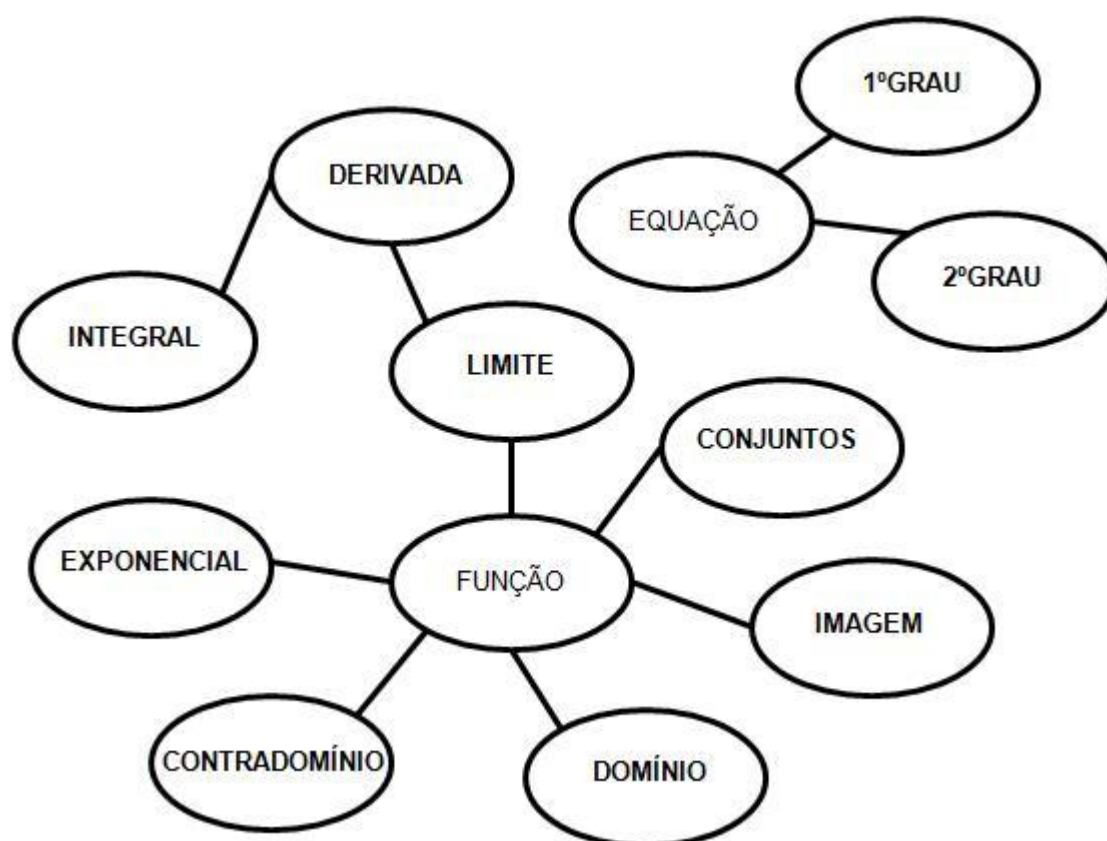
Fonte: Aluno 3B



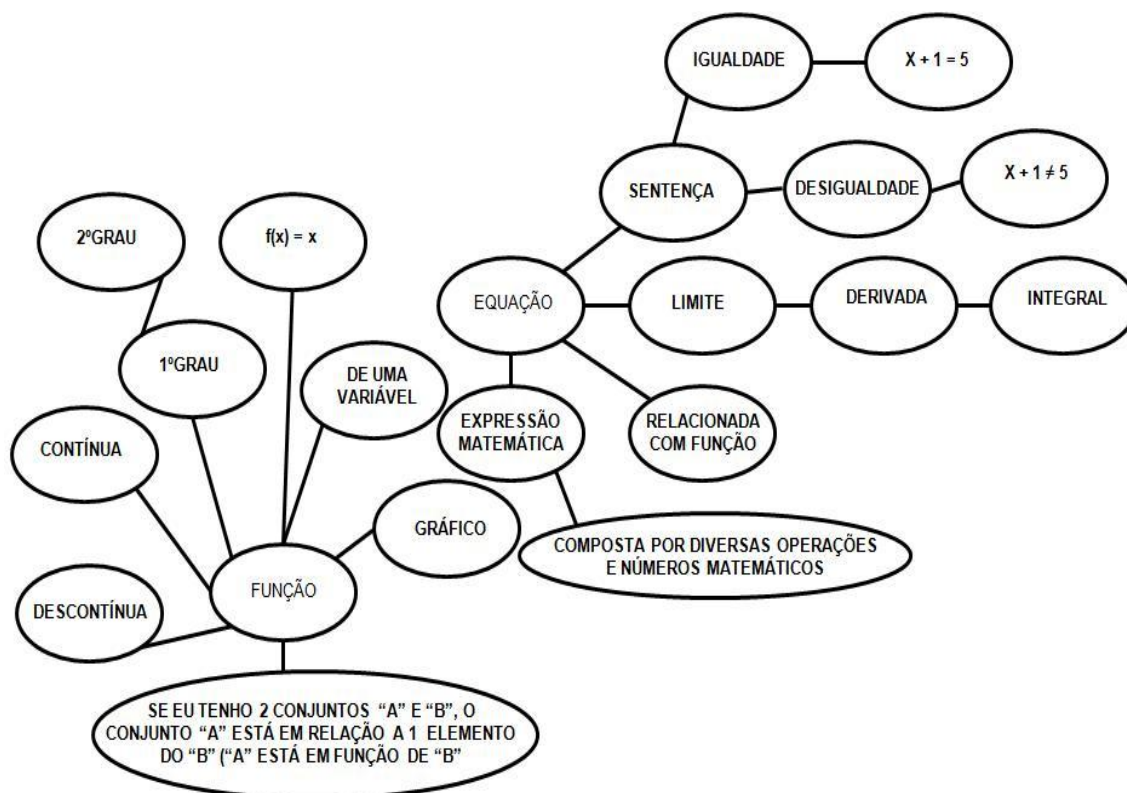
Fonte: Aluno 4B



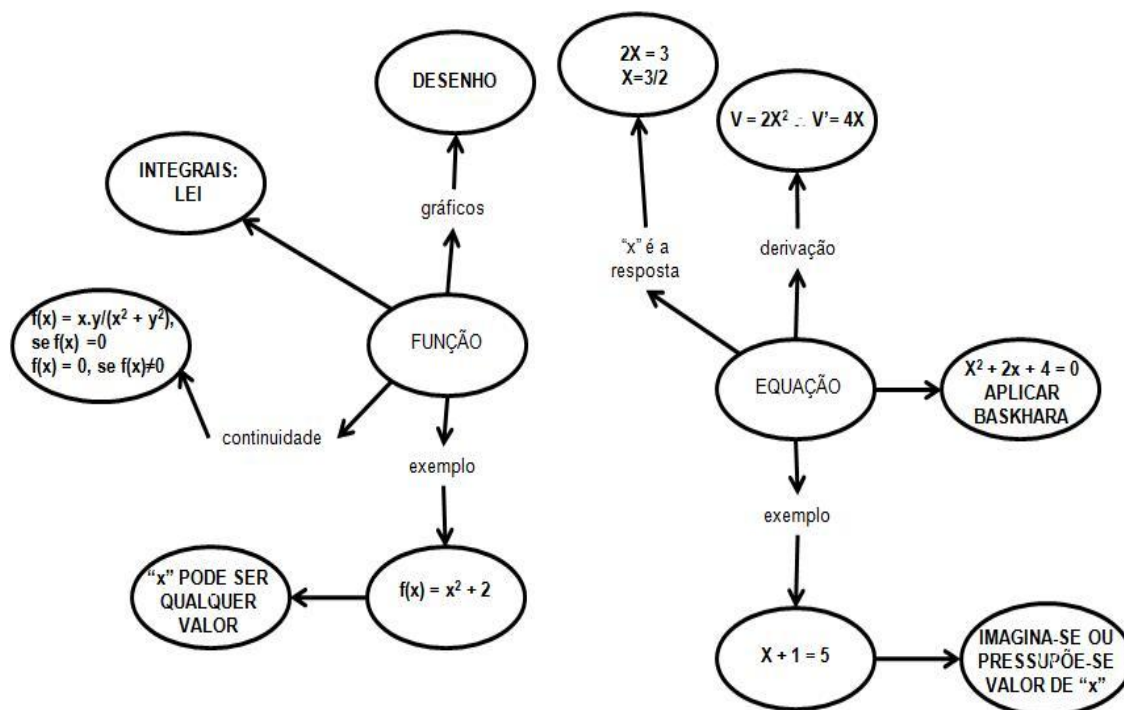
Fonte: Aluno 5B



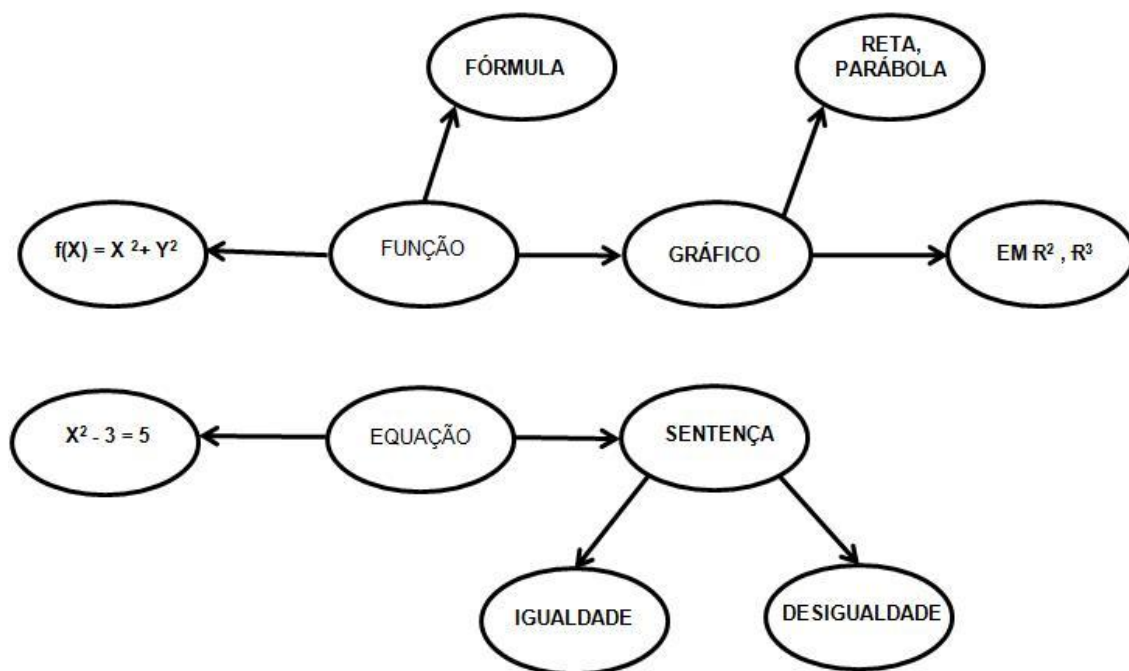
Fonte: Aluno 6B



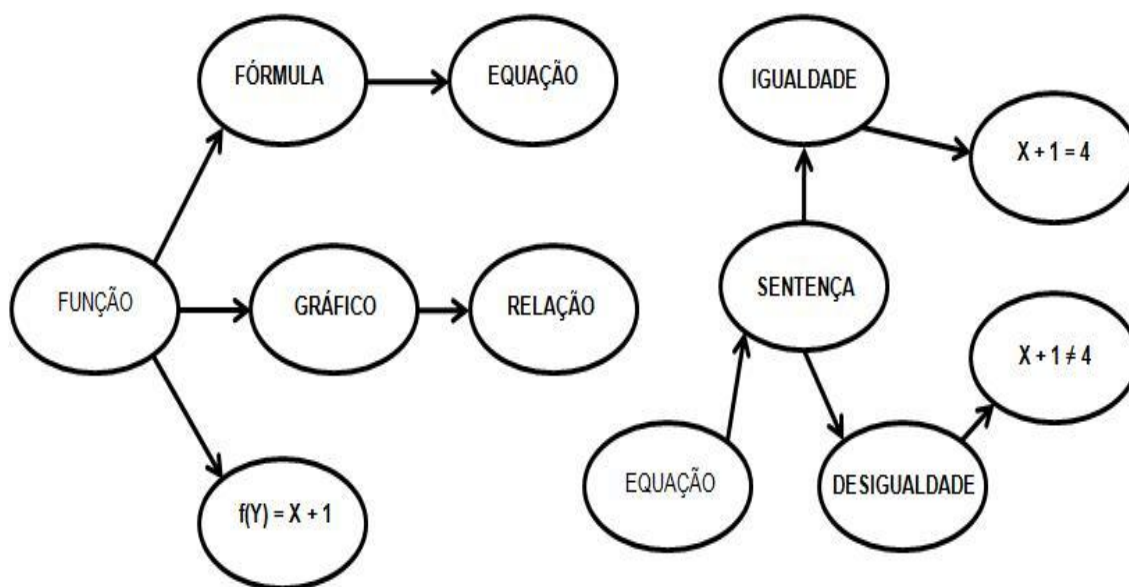
Fonte: Aluno 7B



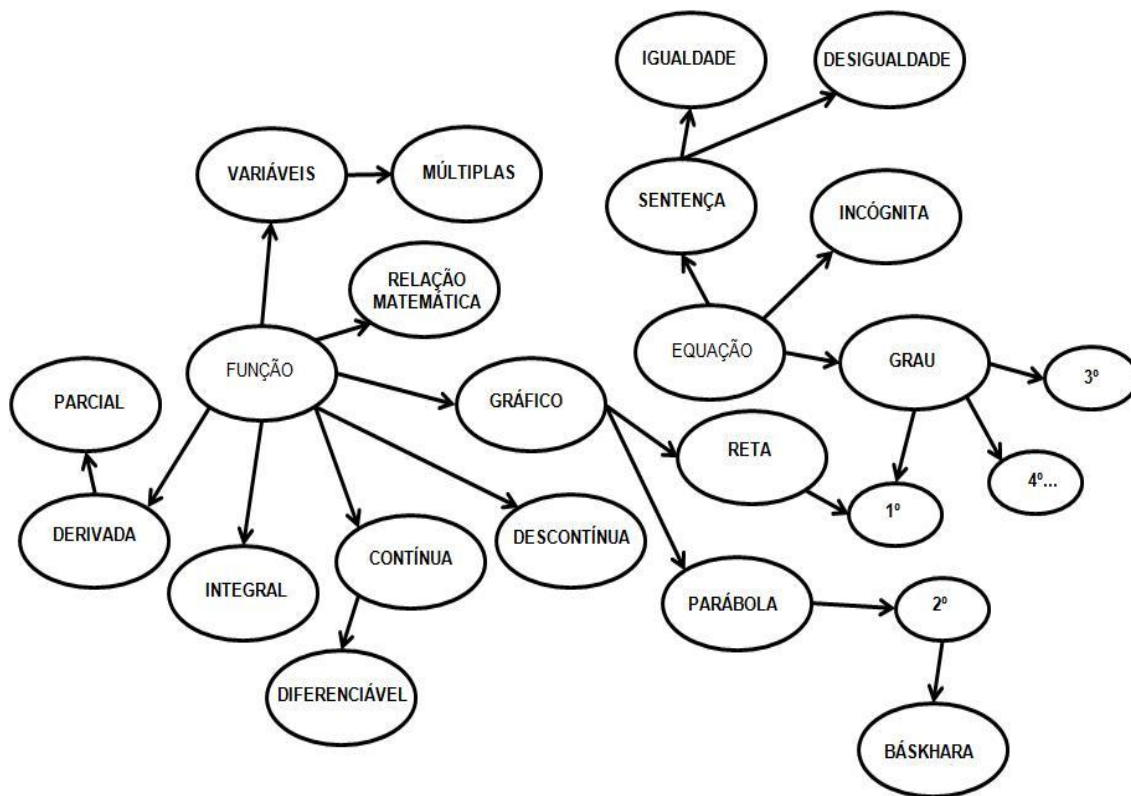
Fonte: Aluno 8B



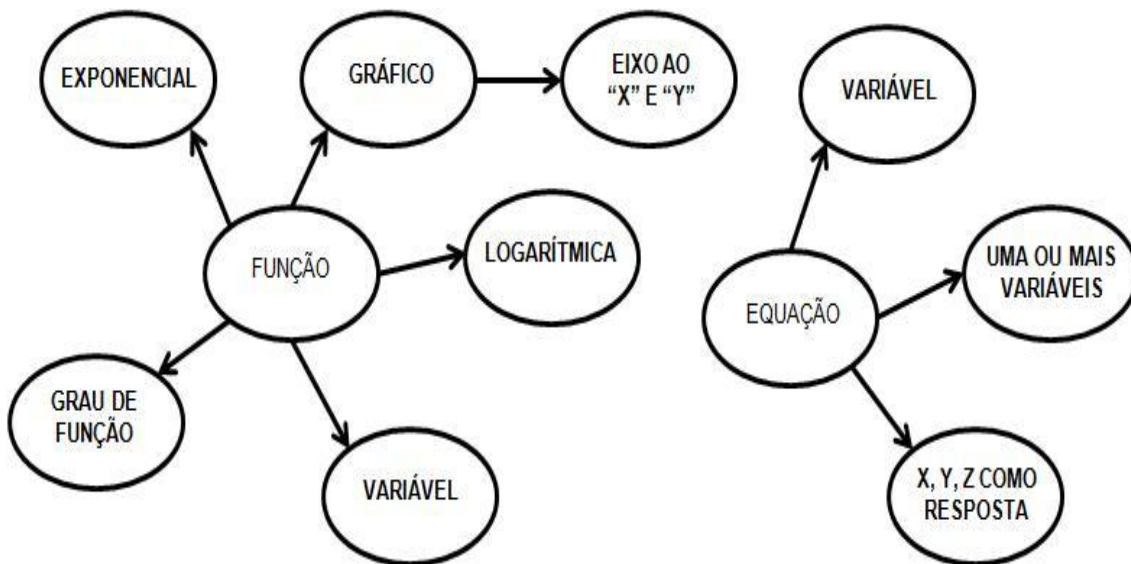
Fonte: Aluno 9B



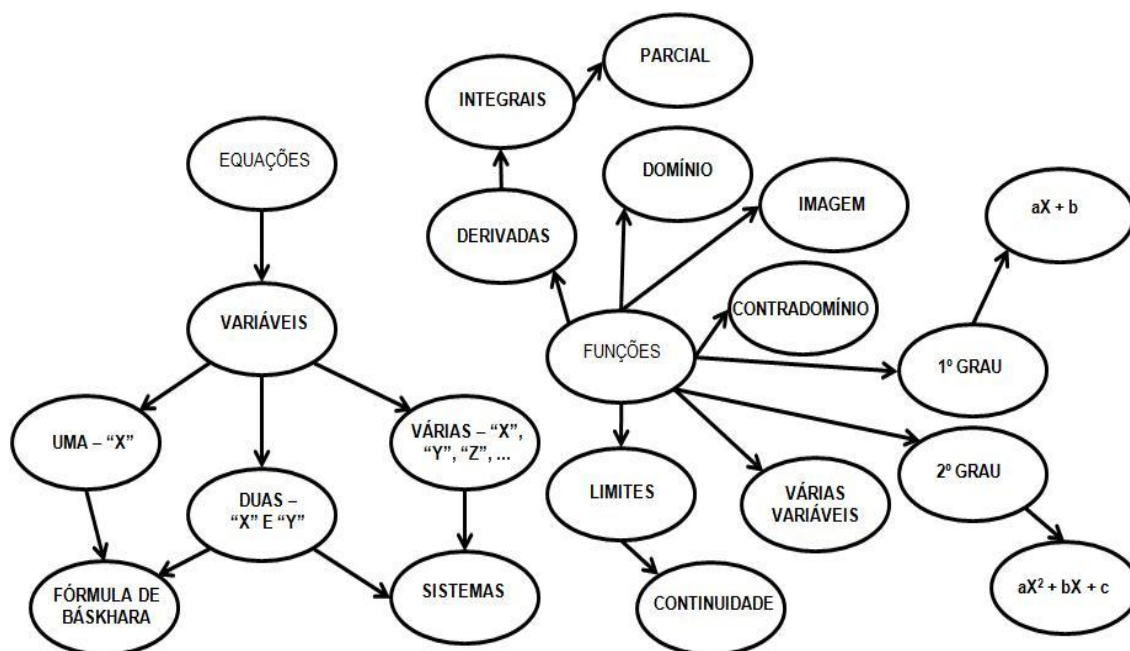
Fonte: Aluno 10B



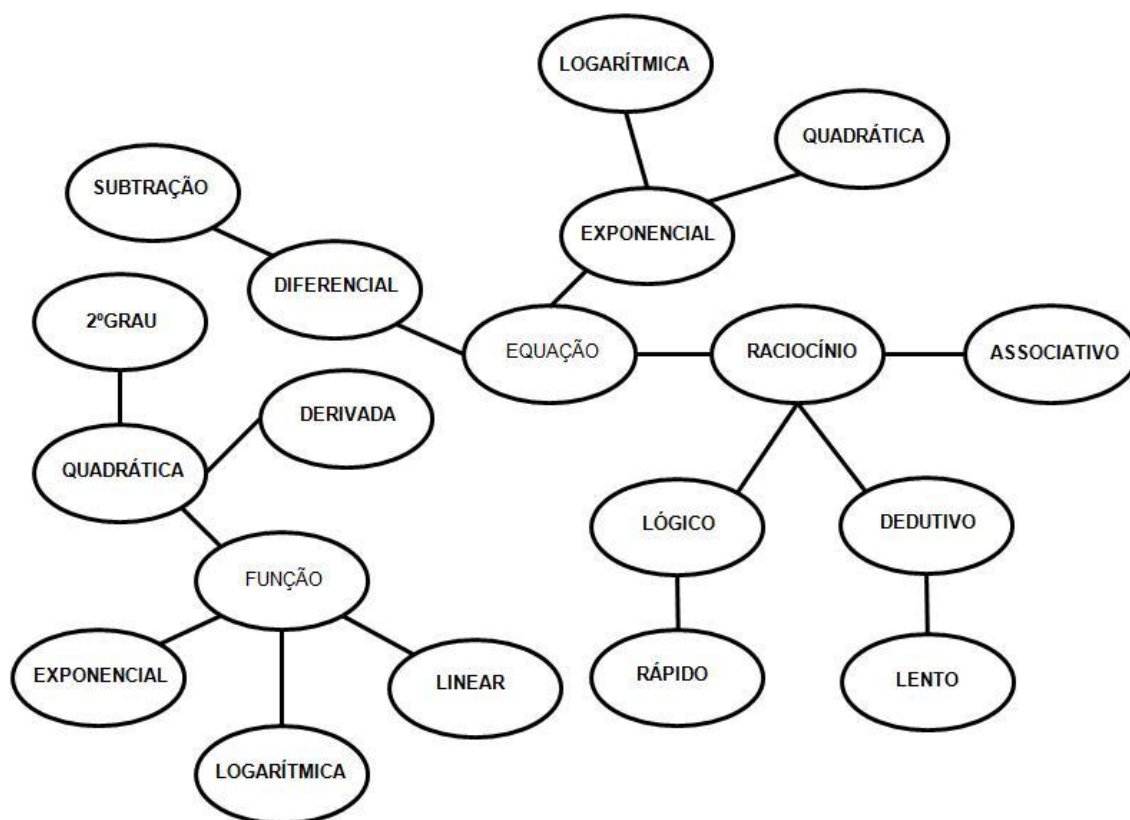
Fonte: Aluno 11B



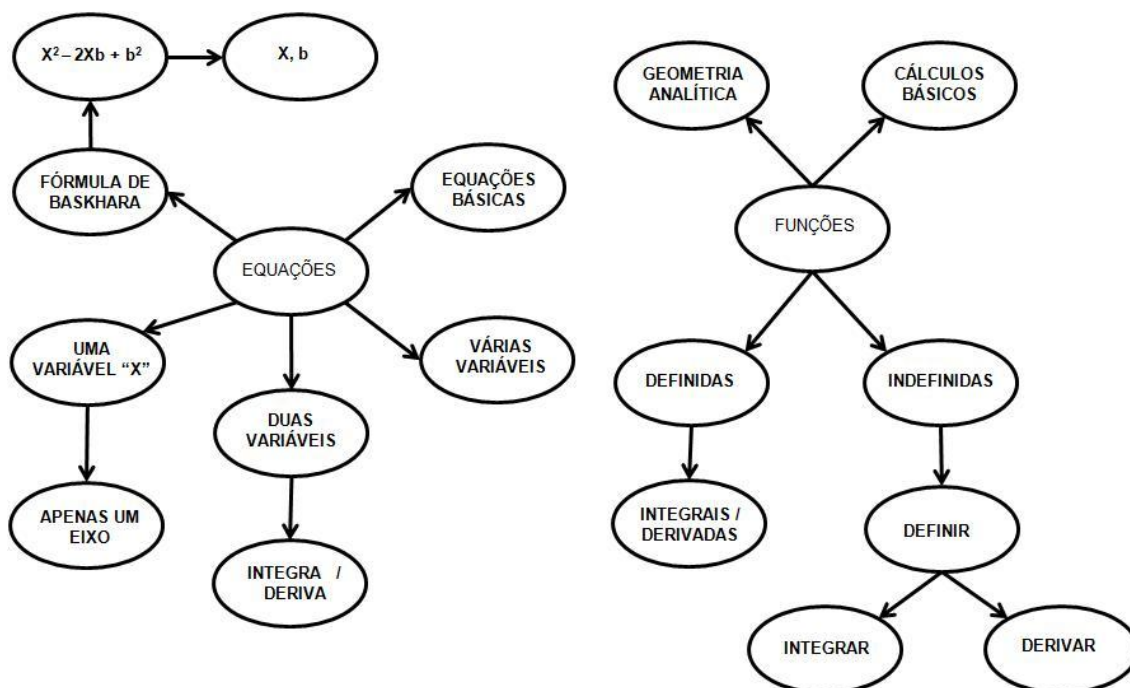
Fonte: Aluno 12B



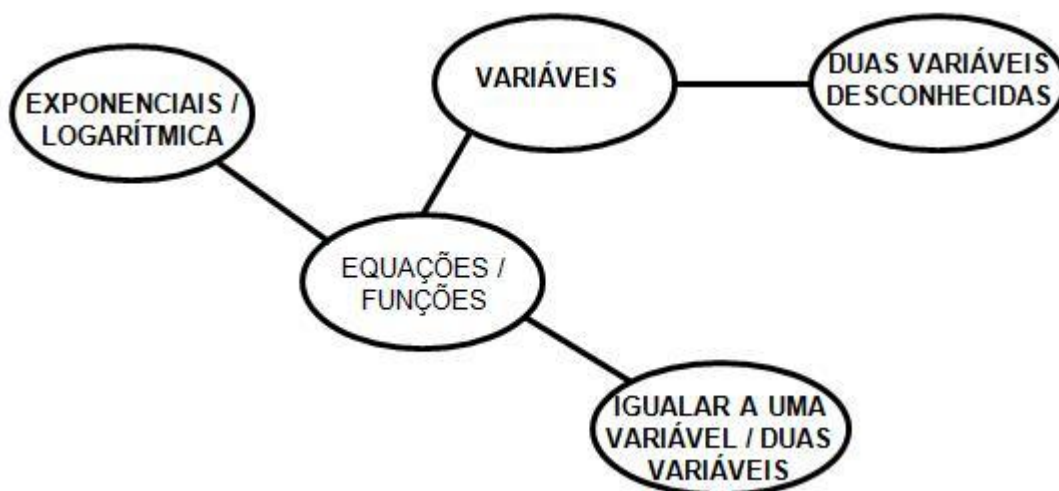
Fonte: Aluno 1L



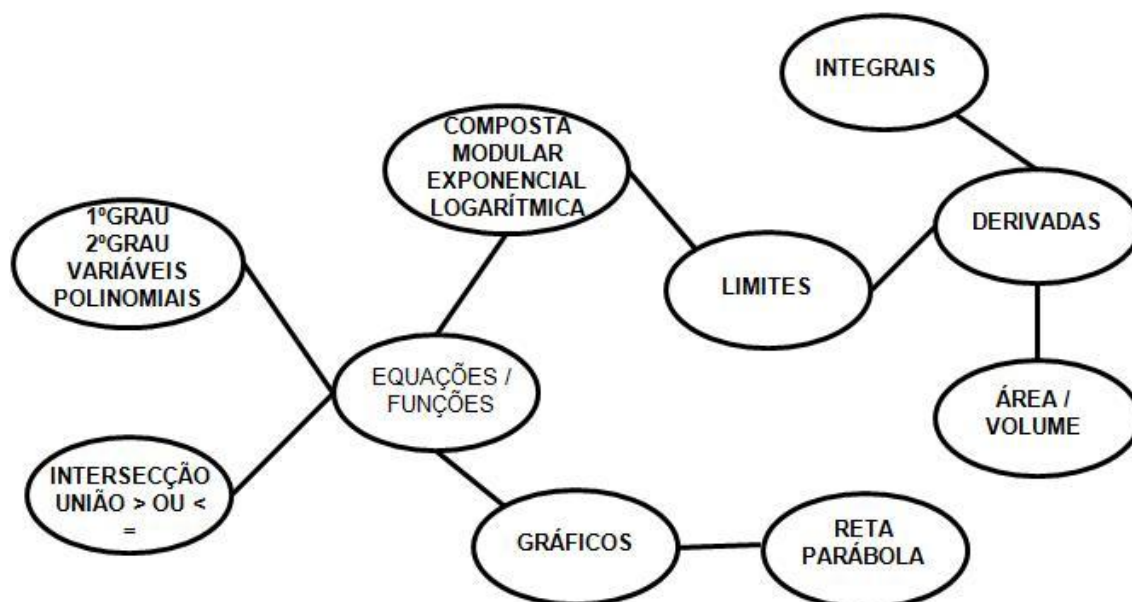
Fonte: Aluno 2L



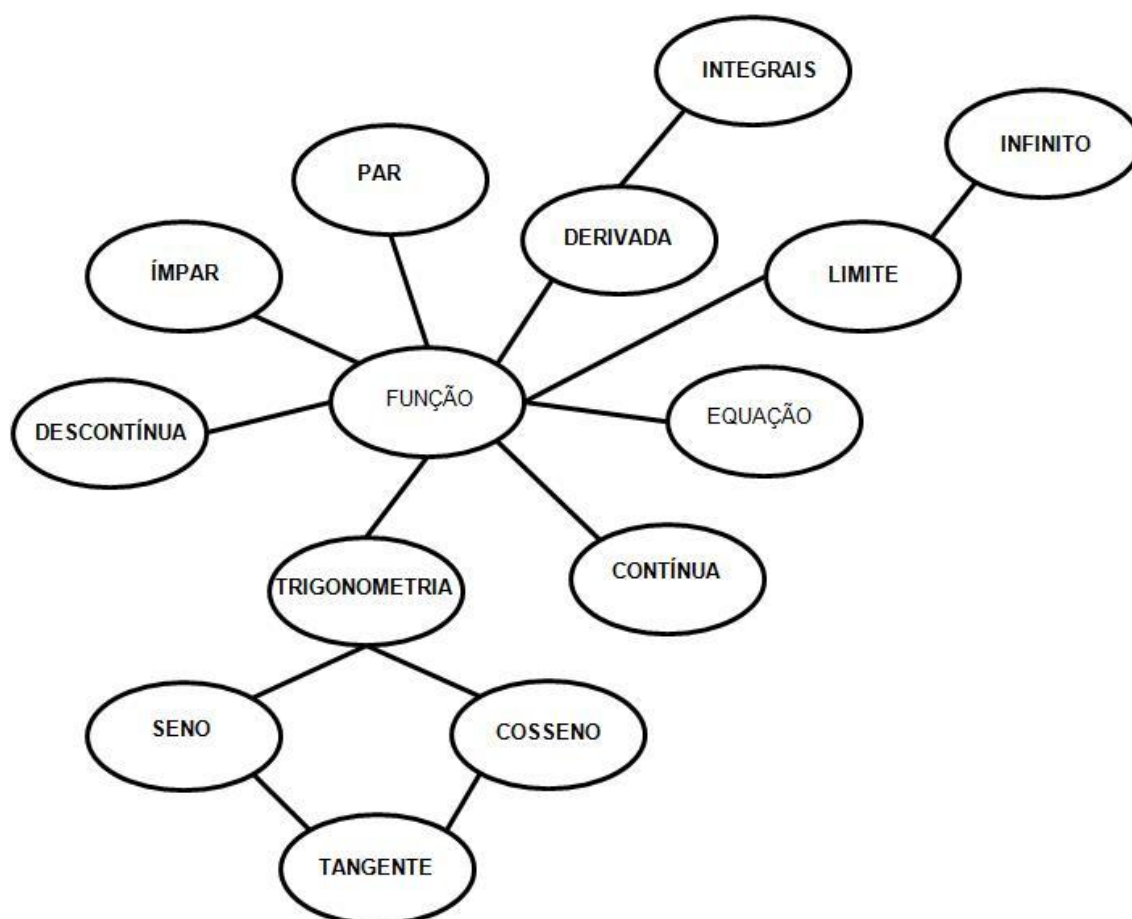
Fonte: Aluno 3L



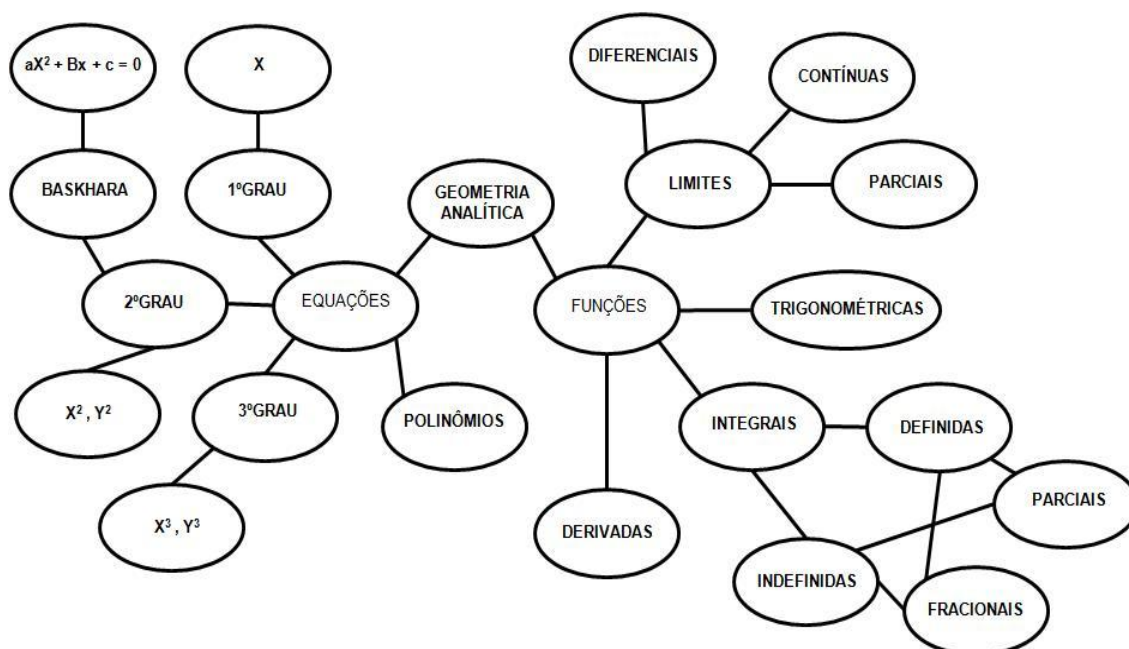
Fonte: Aluno 4L



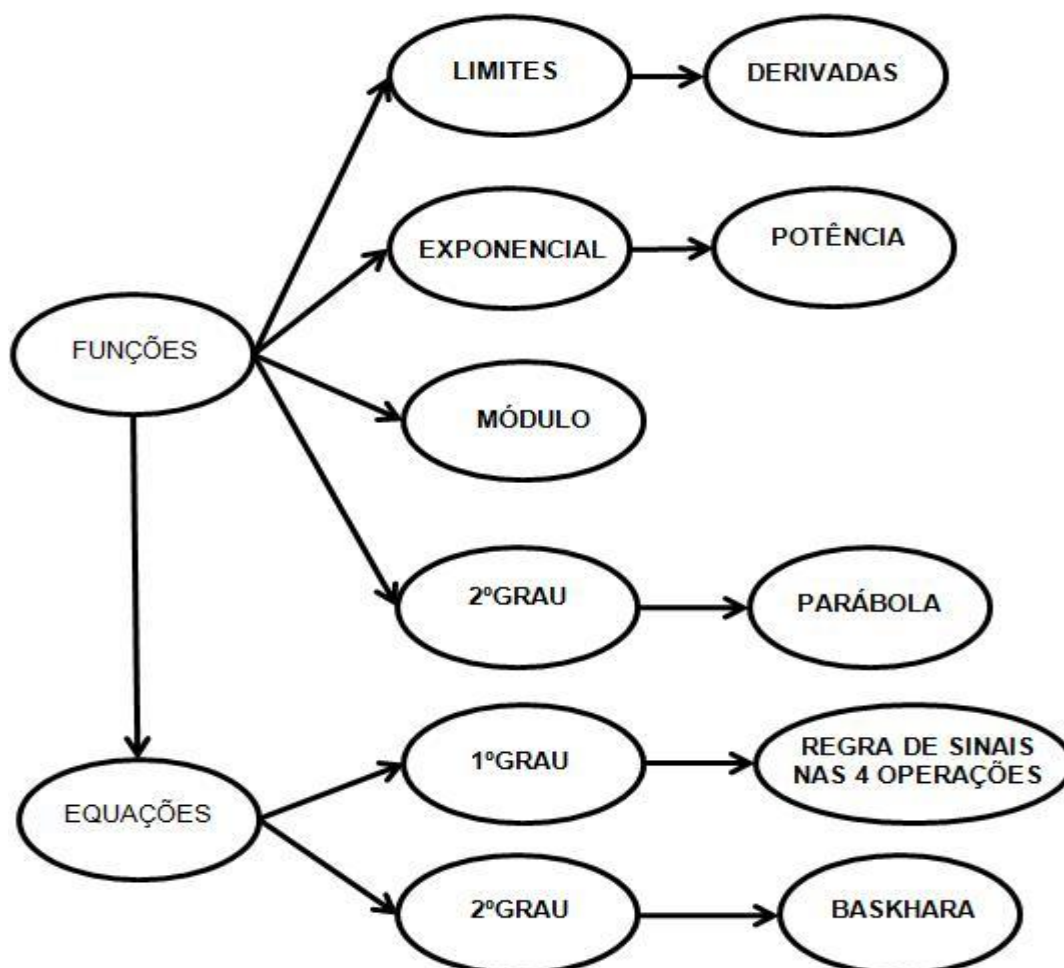
Fonte: Aluno 5L



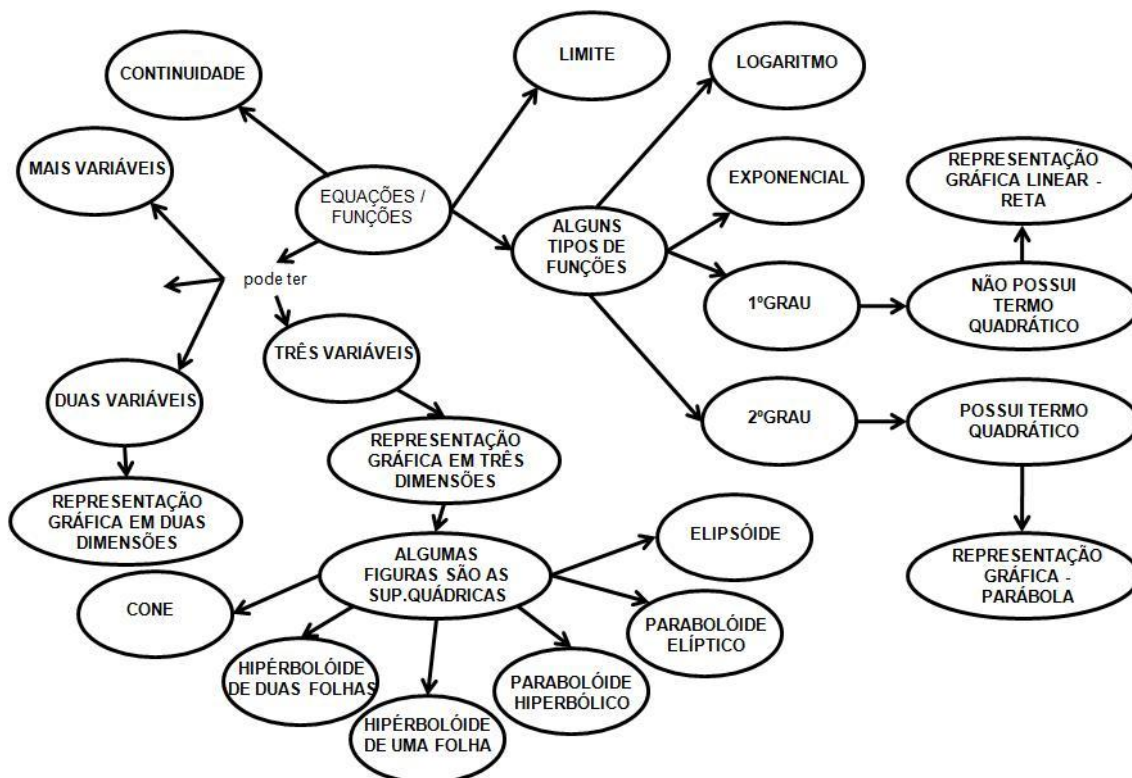
Fonte: Aluno 6L



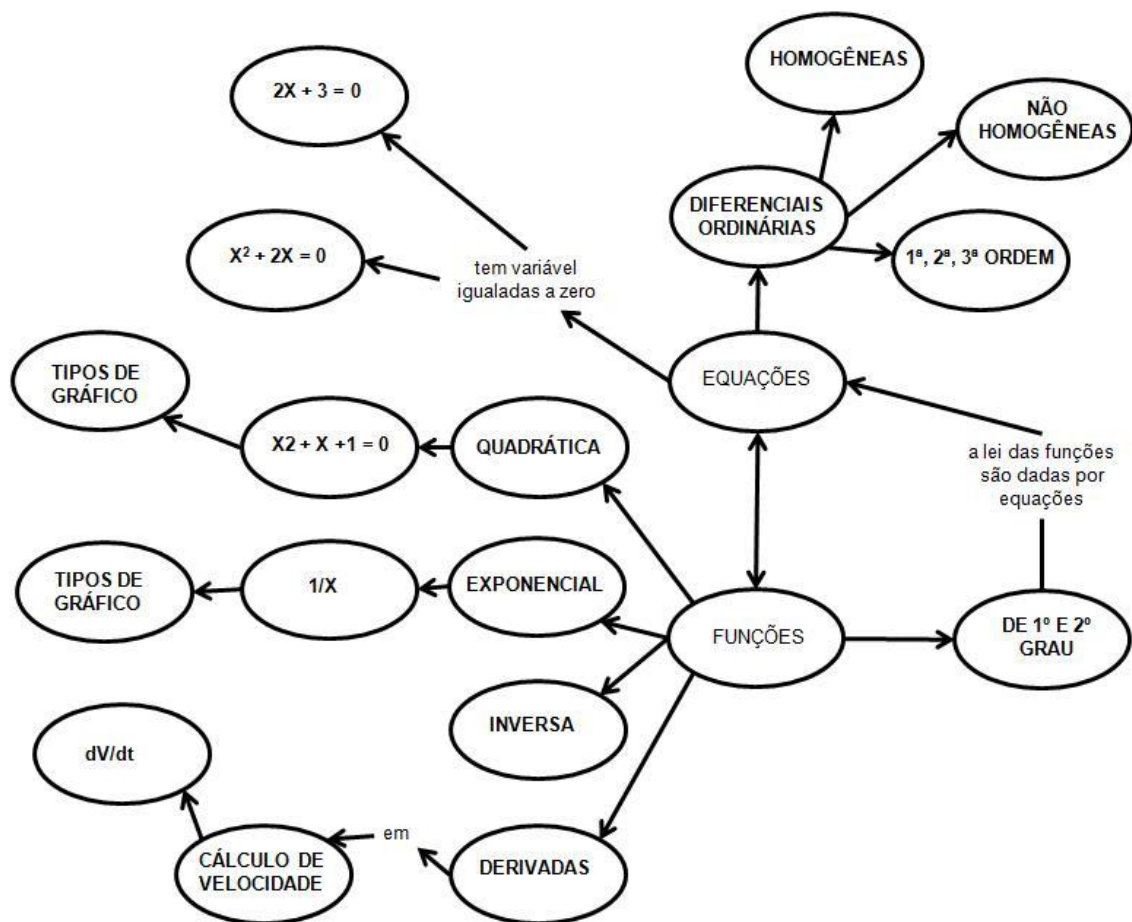
Fonte: Aluno 7L



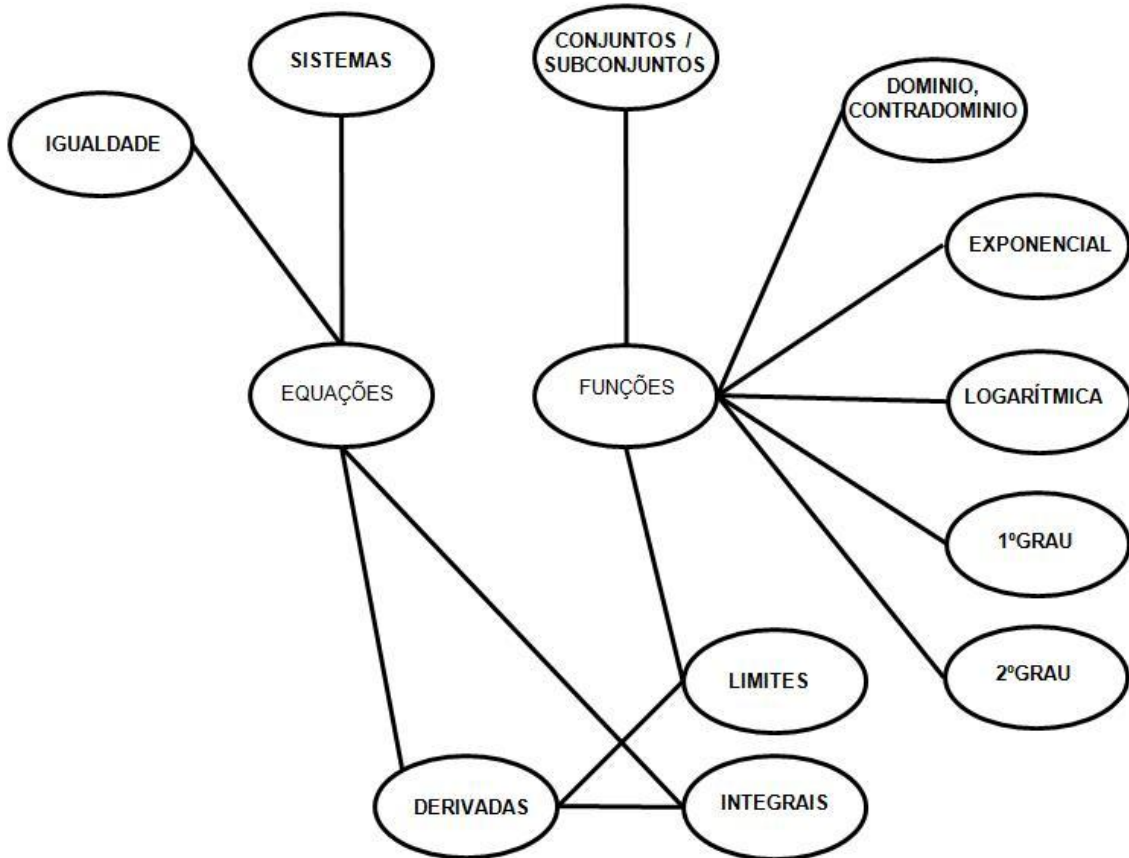
Fonte: Aluno 8L



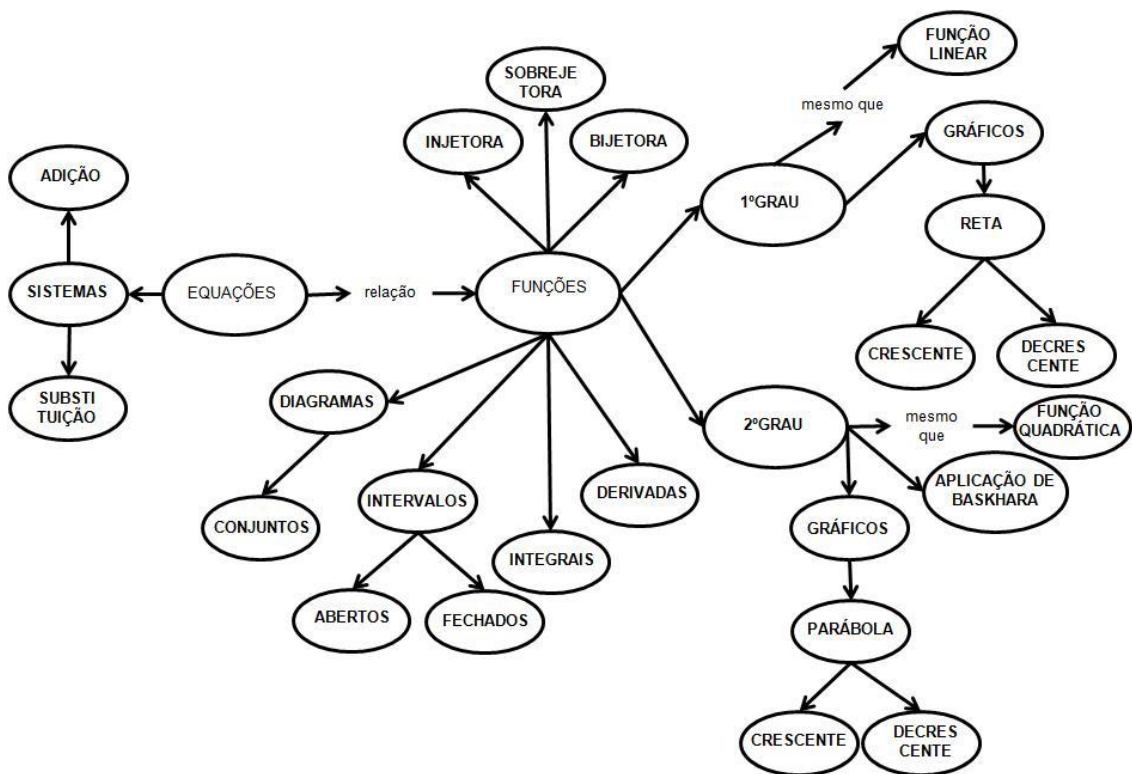
Fonte: Aluno 9L



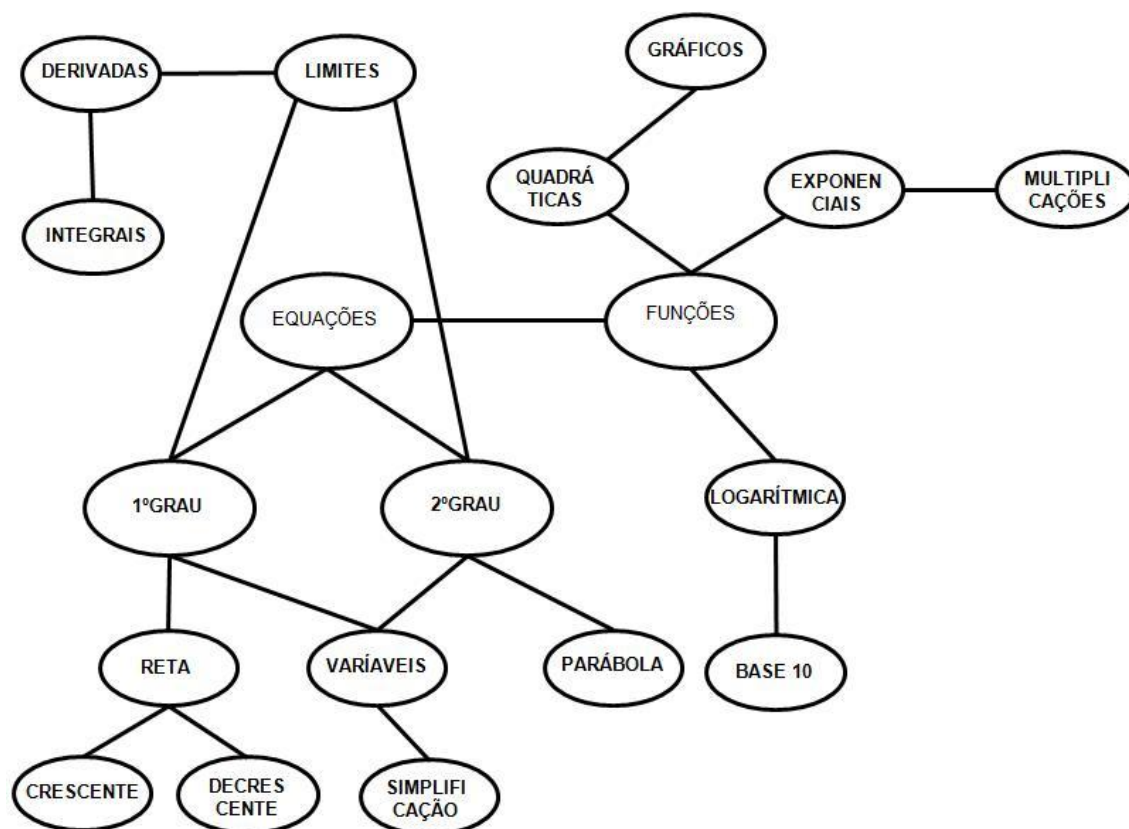
Fonte: Aluno 10L



Fonte: Aluno 12L



Fonte: Aluno 13L

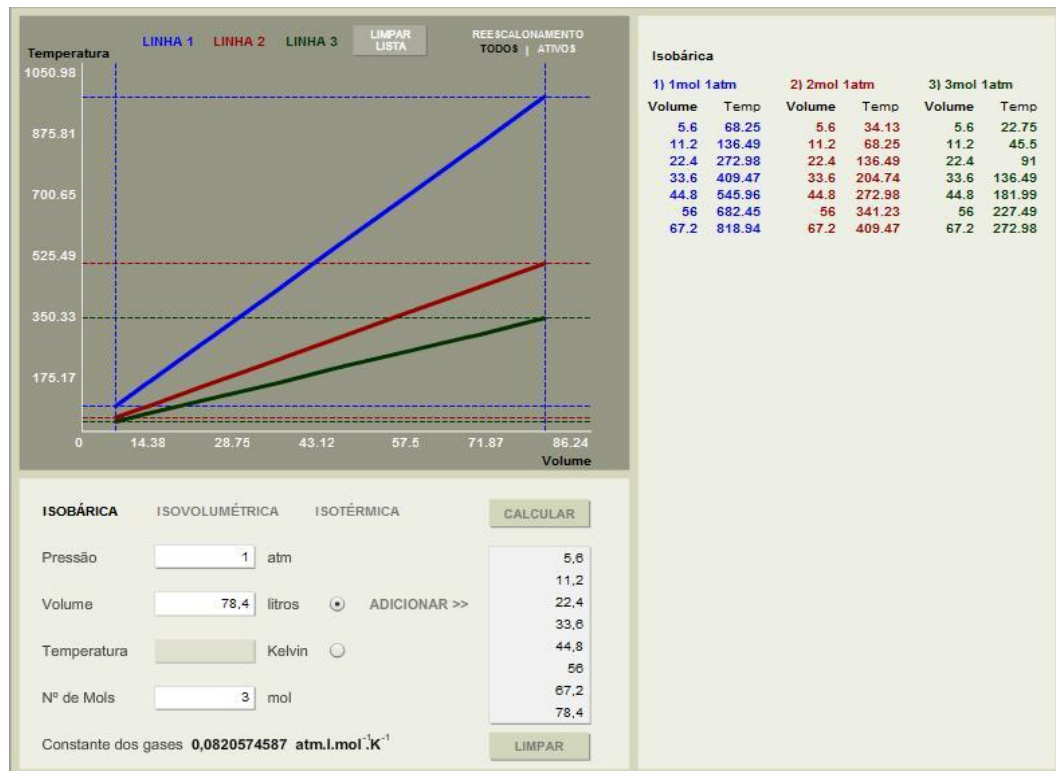


Fonte: Aluno 14L

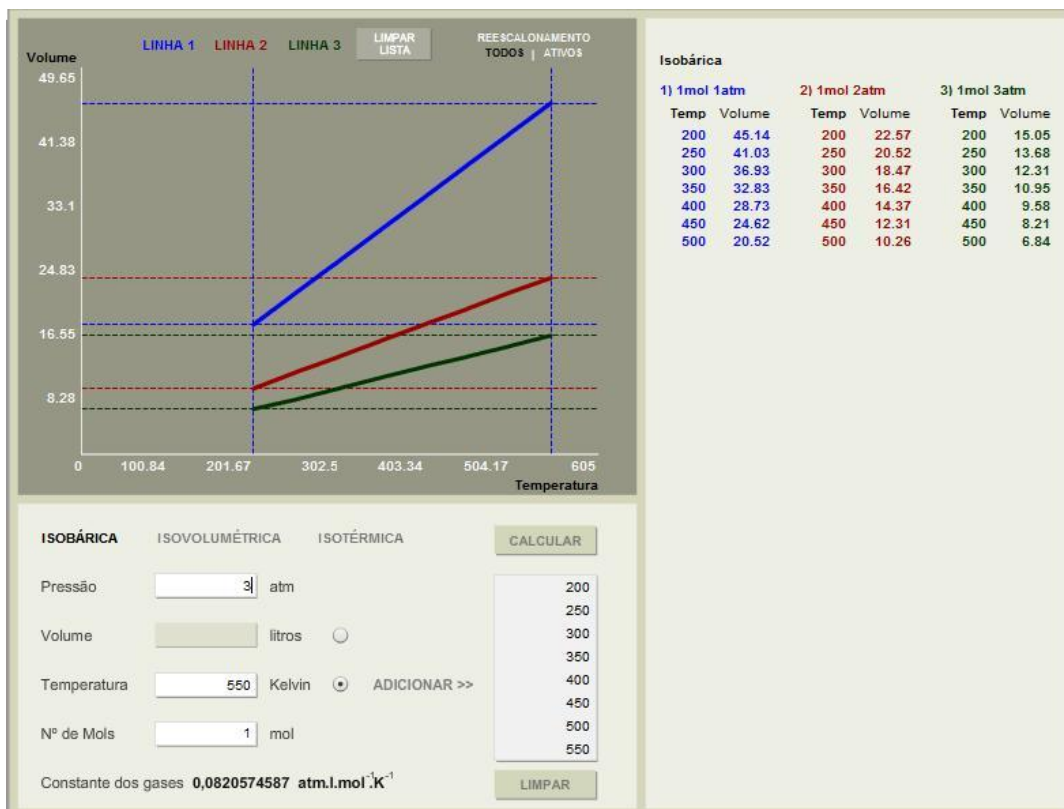
ANEXO E – Exemplos das Transformações com o Simulador



Isobárica: Temperatura em função do Volume – Mol constante



Isobárica: Temperatura em função do Volume – Mol variável



Isobárica: Volume em função da Temperatura – Mol constante



Isobárica: Volume em função da Temperatura – Mol variável



Isotérmica: Volume em função da Pressão – Mol constante



Isotérmica: Volume em função da Pressão – Mol variável



Isotérmica: Pressão em função do Volume – Mol constante



Isotérmica: Pressão em função do Volume – Mol variável



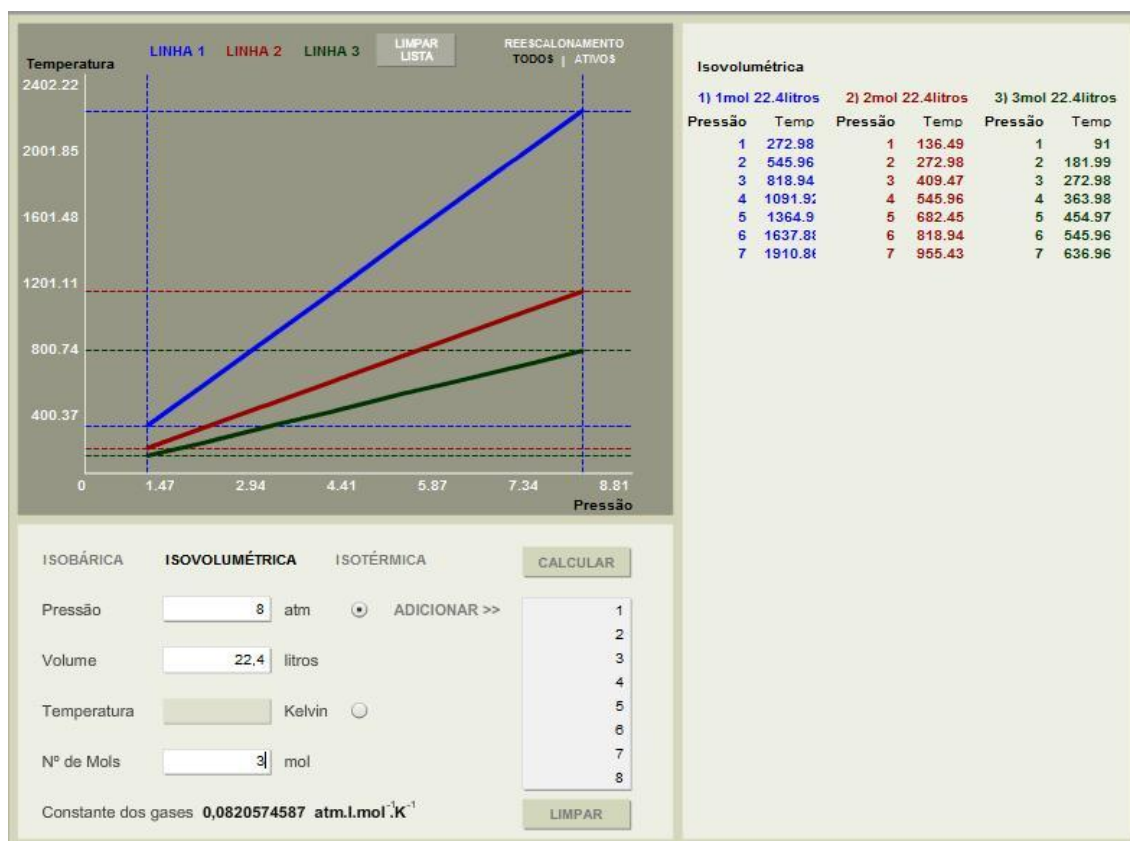
Isovolúmetrica: Temperatura em função da Pressão – Mol constante



Isovolúmetrica: Temperatura em função da Pressão – Mol variável



Isovolúmetrica: Pressão em função da Temperatura – Mol constante



Isovolúmetrica: Pressão em função da Temperatura – Mol variável