

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



Programa de Pós-Graduação  
em Química



**A COMPREENSÃO DE REAÇÃO QUÍMICA COMO UM SISTEMA  
COMPLEXO A PARTIR DA DISCUSSÃO DOS ERROS E DIFICULDADES DE  
APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**

**FABIA MARIA GOMES DE MENESES**

Tese de doutorado  
Natal, outubro de 2015

**FÁBIA MARIA GOMES DE MENESES**

**A COMPREENSÃO DE REAÇÃO QUÍMICA COMO UM SISTEMA  
COMPLEXO A PARTIR DA DISCUSÃO DOS ERROS E DIFICULDADES DE  
APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química do Centro de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Química

Orientador: Prof. Dr. Robson Fernandes de Farias

Co-orientador: Prof. Dr. Isauro Béltran Núñez

Natal-RN  
2015

UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede  
Catalogação da Publicação na Fonte

Meneses, Fabia Maria Gomes de.

A compreensão de reação química como um sistema complexo a partir da discussão dos erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio / Fabia Maria Gomes de Meneses. - Natal, 2015.

286 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Robson Fernandes de Farias.

Coorientador: Prof. Dr. Isauro Béltran Núñez.

Teses (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Química.

1. Reação química - Tese. 2. Aprendizagem – Dificuldades - Tese. 3. Erros conceituais - Tese. 4. Sistêmico dialético - Tese. 5. Funcional-estrutural - Tese. 6. Química – Ensino e aprendizagem – Tese. I. Farias, Robson Fernandes de. II. Núñez, Isauro Béltran. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 54:37

Fábia Maria Gomes de Meneses

A COMPREENSÃO DE REAÇÃO QUÍMICA COMO UM SISTEMA COMPLEXO A  
PARTIR DA DISCUSSÃO DOS ERROS E DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM  
DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
graduação em Química da Universidade  
Federal do Rio Grande do Norte, em  
cumprimento às exigências para obtenção  
do título de Doutora em Química.

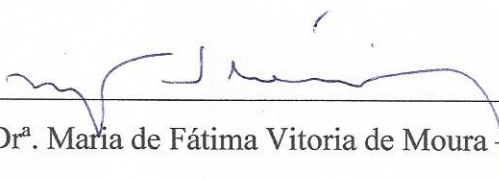
Aprovada em: 15 de outubro de 2015.

Comissão Examinadora:



---

Dr. Isaura Beltrán Núñez– UFRN (coorientador)



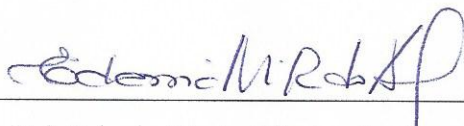
---

Dr.ª. Maria de Fátima Vitoria de Moura – UFRN



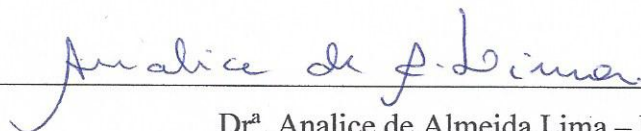
---

Dr. Marcus Vinícius de Faria Oliveira– IFRN



---

Dr.ª. Edenia Maria Ribeiro do Amaral – UFRPE



---

Dr.ª. Analice de Almeida Lima – UFRPE

*Dedico este trabalho a*

*Meus pais, Antônio e Maria Gomes por serem constantes os  
intercessores a Deus pela minha vida  
Ao meu amor e companheiro, Everaldo, meus filhos Cintia, André,  
Luciano, Erick, José Henrique e Rafaela e meus netos Leonardo e Gustavo  
pela compreensão nos momentos de ausência.  
A meus irmãos Celimari, Mariceli, Fábio e Jardel por encherem  
minha vida de amor e amizade.  
À família de meu esposo pelo constante apoio.*

## AGRADECIMENTOS

São muitos a agradecer e faço isso de coração. Para alguns um agradecimento especial:

Ao meu amigo, meu mestre, e orientador Isauro Beltrán Núñez pelos muitos momentos de apoio e de cobrança, muitas vezes necessárias para que possamos despertar e prosseguir. Não foram poucas as vezes que me recebeu em sua casa em finais de semana, feriados, abdicando de seu descanso para me orientar. Obrigada amigo!

A Robson Fernandes de Farias por ter me recebido como sua orientanda no programa de Pós-Graduação em Química, no momento em que a área de Ensino de Química, estava por fechar e, mesmo distante, fez o possível para colaborar com este trabalho.

Aos amigos do grupo de estudo da base de Formação e Profissionalização Docente do PPGEd/UFRN pelos muitos momentos de troca de experiência e estudos. Agradecimento especial a Gloria e Rozi, sempre disponíveis para ajudar.

Aos professores que com grande simpatia e infinita disponibilidade contribuíram com a entrevista para a conclusão desse trabalho.

Aos amigos do IFRN, *Campus* de Parnamirim em especial a Rogério Alves pelo apoio em meus momentos de cansaço e por muitas vezes aliviou minhas atribuições para que pudesse trabalhar na tese.

Ao programa de Pós-Graduação em Química da UFRN pelo excelente trabalho que desenvolve e pelo apoio durante meu percurso formativo.

Ao amigo Victor Varela que com grande competência fez a revisão linguística desse trabalho

## RESUMO

O estudo das reações químicas encontra-se entre os conteúdos mais importantes para a compreensão da disciplina de Química na educação básica. Porém, ainda são pouco os estudos sobre as reações químicas como sistema complexo, uma vez que, de forma geral, esse conteúdo se apresenta nos livros didáticos, se ensina e até se pesquisa de forma fragmentada. A tese aqui apresentada tem como objetivo investigar, identificar e caracterizar os erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes em relação as reações químicas como sistema complexo, utilizando, para tanto, a análise das respostas de 126 provas do vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), de candidatos ao curso de Licenciatura em Química, oferecido por essa Instituição. Foram identificados os erros e dificuldades de aprendizagem sobre os parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$ ,  $E_a$  e do cálculo de quantidade de substância numa reação química, assim como os níveis de desenvolvimento da habilidade interpretar a reação química como sistema. A matriz teórica do estudo estruturou-se com base nos erros e dificuldades de aprendizagens (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012) e das reações químicas como sistemas complexos (NÚÑEZ, 1994; RESHETOVA, 1988; SANDERSON, 1968). Como metodologia, foram priorizadas as análises das respostas das provas e a entrevista a professores. Os resultados mostraram erros típicos no estudo dessa temática, principalmente baixos níveis e desenvolvimento da habilidade. Nenhum estudante conseguiu integrar os diferentes aspectos na compreensão sistêmica da reação química. A partir de entrevistas realizadas com professores de Química do Ensino Médio, determinou-se as razões que os professores atribuem a esses erros e às dificuldades de aprendizagem. As entrevistas revelaram que os professores não trabalham na perspectiva de integração dos conteúdos o que leva os alunos a apresentarem dificuldades e cometerem erros relacionados ao conteúdo citado. O trabalho apresenta uma proposta de organização dos conteúdos da Química para o Ensino Médio como uma possibilidade de integração sistêmica dialética dos conteúdos, entendendo que essa visão sistemática traz importantes contribuições ao desenvolvimento do pensamento teórico dos alunos. Como uma das conclusões do estudo, postula-se que a não organização sistêmica dos conteúdos não favorece esse tipo de pensamento nos estudantes.

**Palavras-chaves:** reação química; dificuldades de aprendizagem; erros conceituais; sistêmico dialético; funcional-estrutural

## ABSTRAT

The study of chemical reactions is among the most important contents to the understanding of Chemistry discipline in basic education. However, there are still few studies about chemical reactions as a complex system because, generally, this content is presented in textbooks, taught and even researched in a fragmented form. The thesis here presented aims to investigate, identify and characterize the mistakes and learning difficulties of the students about chemical reactions as a complex system, using for that purpose the analysis of the answers of 126 exams of candidates for the bachelor's degree in Chemistry Teaching on the entrance exam for the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN). The mistakes and learning difficulties about the parameters  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$ ,  $E_a$  and of the calculation of the amount of substance in a chemical reaction have been identified, as well as the levels of development of the ability to interpret the chemical reaction as a system. The main theoretical source of this study is structured based on the mistakes and learning difficulties (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012), of the chemical reactions as complex systems (NÚÑEZ, 1994; RESHETOVA, 1988; SANDERSON, 1968). As methodology, it was prioritized the analysis of the answers to the exams and the interview with the teachers. The results showed typical mistakes in the study of this subject, especially low levels and skill development. No student was able to integrate the different aspects in the systemic understanding of the chemical reaction. From the interviews with Chemistry teachers from High School, it was determined the reasons the teachers assign to those mistakes and learning difficulties. The interviews revealed that the teachers do not work in the perspective of integration of the contents which leads the students to present difficulties and make mistakes related to the content previously mentioned. The study presents a proposal for the organization of the contents of Chemistry discipline for High School as a possibility of a dialectic systemic integration of contents, understanding that this systematic vision, leads to important contributions to the development of the theoretical thinking of the students. We can mention as one of the conclusions of this study, the fact that the non-systemic organization of contents do not favor this kind of thinking in students.

**Key-words:** chemical reaction; learning difficulties; conceptual errors; systemic dialectical; functional-structural

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>ESQUEMAS</b>		
Esquema 01	Principais características das reações químicas para os níveis macroscópicos e nanoscópicos	101
Esquema 02	Tipos de reações químicas	106
Esquema 03	Invariante: reação química como sistema	182
Esquema 04	Invariante: o modelo do objeto	184
Esquema 05	Interpretação de uma reação química	186
Esquema 06	Esquema do percurso metodológico I	190

<b>FIGURAS</b>		
Figura 01	Inter-relações entre os objetos e focos de interesse da Química	29
Figura 02	Unidade do programa de Química Geral e as porcentagens dos temas que estudantes consideraram como de difícil aprendizagem	39
Figura 03	Os três componentes básicos da “ <i>nova Química</i> ”	49
Figura 04	Relação entre reação química e as teorias e os modelos	71
Figura 05	Representação pictórica de reação (I)	74
Figura 06	Representação de reação (II)	74
Figura 07	Convenção de sinais para a variação de entalpia	116
Figura 08	Representação gráfica da variação da velocidade das reações em função do tempo	123
Figura 09	As dimensões do conteúdo	129
Figura 10	Lei de Hess	131
Figura 11	Representação gráfica de uma colisão efetiva	133
Figura 12	Organograma de uma hierarquização para os conceitos de oxidação e redução	141
Figura 13	Mapa conceitual para o conceito de Termoquímica	145
Figura 14	Questão número cinco da prova discursiva de Química do vestibular da UFRN (2013)	192
Figura 15	Índice de aproveitamento	194
Figura 16	Exemplo de resposta para o nível 5	233
Figura 17	Exemplo de resposta para o nível 9	234
Figura 18	Exemplo de resposta para o nível 11	235
Figura 19	Exemplo de resposta para o nível 13	236

<b>TABELA</b>		
Tabela 01	Tópicos das dificuldades em Química do Certificado Júnior (Irlanda)	40
Tabela 02	Tópicos das dificuldades de Leaving Certificate de Química (Irlanda)	41
Tabela 03	Respostas da pesquisa de Galagovsky para os alunos grupo B	44
Tabela 04	Temas levantados pelos alunos do primeiro ano do curso universitário de Química	65
Tabela 05	Lei de Lavoisier/ Lei de Proust	132
Tabela 06	Classificação do Índice de Aproveitamento	194
Tabela 07	Proporção de candidatos segundo o desempenho	202
Tabela 08	Nota dos candidatos na questão discursiva de número 05	203

Tabela 09	Porcentagem de estudantes por nível	205
Tabela 10	Quantidade de candidatos inscritos para o curso de licenciatura em Química: por sexo	211
Tabela 11	Tipo de escola que o estudante cursou	211
Tabela 12	Escolas de onde os candidatos são egressos.	212
Tabela 13	Vagas e a demanda de candidatos ao curso de licenciatura em Química.	212
Tabela 14	Proporção de candidatos segundo o desempenho	215
Tabela 15	Nota da questão discursiva número cinco.	215
Tabela 16	Proporção de estudantes segundo o tipo de respostas para a interpretação da energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )	217
Tabela 17	Erros recorrentes na definição do conceito de Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )	218
Tabela 18	Proporção de estudante segundo o tipo de resposta na interpretação da Constante de Equilíbrio ( $K_p$ )	219
Tabela 19	Erros recorrentes na definição do conceito de constante de equilíbrio ( $K_p$ )	220
Tabela 20	Proporção de estudante segundo o desempenho quanto a interpretação da Energia de Ativação (E.a.)	221
Tabela 21	Erros recorrentes na definição da Energia de Ativação	222
Tabela 22	Proporção de estudantes segundo o cálculo estequiométrico	223
Tabela 23	Erros recorrentes em relação ao cálculo estequiométrico	224
Tabela 24	Proporção de estudantes segundo os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reação química	229
Tabela 25	Integração dos parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e E.A	231
Tabela 26	Categoria de resposta na entrevista dos professores	238
Tabela 27	Porcentagem das categorias de resposta	240

<b>QUADRO</b>		
Quadro 01	Níveis da matéria	50
Quadro 02	Dificuldades e erros conceituais em química relativa a reação química	76
Quadro 03	Dificuldades e erros relativos aos aspectos quantitativos e qualitativos de uma reação química	79
Quadro 04	Principais dificuldades e erros dos alunos em aspectos energéticos das reações químicas	81
Quadro 05	Principais dificuldades dos alunos em aspectos cinéticos das reações químicas	82
Quadro 06	Principais dificuldades e erros dos alunos em aspectos do equilíbrio químico das reações químicas	83
Quadro 07	Dificuldade de aprendizagem intrínseca na Química	86
Quadro 08	Dificuldades de aprendizagem de química relativas ao pensamento e a forma de raciocínio dos estudantes	87
Quadro 09	Exemplos da utilização de heurísticas ou regras simplificadoras na formação de concepções alternativas	88
Quadro 10	Conhecimentos químicos, habilidades, valores da base comum	96
Quadro 11	Definição de reação química segundo a IUPAC	100

Quadro 12	Leis das transformações químicas	111
Quadro 13	Principais diferenças entre tipos de conhecimentos conceituais	145
Quadro 14	Modelo da ação interpretar reações químicas como sistema	187
Quadro 15	Categorias teóricas de análises	193
Quadro 16	Plano de entrevista	200
Quadro 17	Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reações químicas	204
Quadro 18	Normas para transcrição	206
Quadro 19	Chave de correção para a quinta questão discursiva	213
Quadro 20	Análise da quinta questão: Comperve	214
Quadro 21	Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química (detalhado)	225
Quadro 22	Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química (resumido)	228
Quadro 23	Invariante do modelo da ação	230
Quadro 24	Fragmentos de respostas dos professores para a primeira pergunta	237
Quadro 25	Fragmentos de respostas dos professores para a segunda pergunta	239
Quadro 26	Fragmentos das respostas para a categoria didática	241
Quadro 27	Fragmentos das respostas para a categoria conceitual do conteúdo	242
Quadro 28	Fragmentos das respostas para a categoria cognição dos estudantes	242
Quadro 29	Fragmentos das respostas para a categoria cálculo matemático	244

<b>SIGLAS</b>	
DCNEB	Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCN +	Parâmetros Curriculares Nacionais- Mais
OCDE	Cooperação e Desenvolvimento Econômico
DeSeCo	Definition and Selection of Competencias
PISA	International Student Assesment
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
SEESP	Secretaria da Educação do Estado de São Paulo
COMPERVE	Comissão Permanente de Vestibulares
IUPAC	International Union of Pure Applied Chemistry
GREECIM	Grupo de Estudos em Ensino de Ciências e Matemática
BOA	Base Orientadora da Ação
SCM	Método da Simplificação de Condições
OVEU	Observatório da Vida dos Estudantes
GEPEQ	Grupo de Pesquisa em Educação Química

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1.	<b>O contexto da educação científica no século XXI: o aprender ciências</b> .....	15
1.1.1.	A importância de estudar Química na atual sociedade do conhecimento.....	25
1.1.2.	A importância do estudo das reações químicas como conteúdo chave.....	28
1.1.3.	Dificuldades para o estudo das reações químicas vinculadas a fragmentação do conteúdo.. .....	30
1.2.	<b>Problema</b> .....	34
1.3.	<b>Objetivo Geral do Estudo</b> .....	34
1.4.	<b>Questões de Estudo</b> .....	34
1.5.	<b>Contribuições do Estudo</b> .....	34
1.6.	<b>Tese Inicial</b> .....	35
1.7.	<b>Apresentação da Tese</b> .....	35
2.	<b>O ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS: AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO DE REAÇÕES QUÍMICAS</b> .....	37
2.1.	<b>Dificuldades na compreensão do conceito de reação química</b> .....	37
2.2.	<b>Dificuldades relacionadas aos aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos das reações químicas.</b> .....	48
2.2.1.	A linguagem simbólica como obstáculo na aprendizagem.....	54
2.2.2.	Dificuldades com a linguagem química .....	56
2.2.3.	Dificuldades em trabalhar com transformações semióticas no estudo das reações químicas.....	58
2.3.	<b>Dificuldades na dimensão quantitativa das reações químicas</b> .....	62
2.4.	<b>Dificuldades na dimensão energética das reações químicas.</b> .....	66
2.4.1.	Dificuldades com o conceito de variação da entalpia ( $\Delta H$ ) .....	68
2.5.	<b>Dificuldades na dimensão cinética das reações químicas</b> .....	69
2.6.	<b>Dificuldades na dimensão do equilíbrio das reações químicas</b> .....	72
3.	<b>O ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS</b> .....	90
3.1.	<b>A reação química como conteúdo de ensino</b> .....	90
3.2.	<b>Definições de uma reação química</b> .....	98
3.2.1.	Tipos de reações químicas.....	104
3.2.2.	Aspectos de uma reação Química: Qualitativos, Quantitativos, Energéticos, Cinéticos e de Equilíbrio.....	108
3.2.3.	As dimensões qualitativas e quantitativas .....	110
3.2.4.	As dimensões energéticas: Termoquímica .....	111
3.2.5.	A dimensão cinética .....	118
3.2.6.	A dimensão do Equilíbrio Químico.....	122

4.	<b>A ORGANIZAÇÃO DOS CONTEÚDOS DE UMA DISCIPLINA DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	125
4.1.	<b>Os conteúdos escolares: Estruturas e Tipologias.....</b>	125
4.2.	<b>A organização dos conteúdos de uma disciplina.....</b>	137
4.3.	<b>Diferentes formas de organização do conteúdo .....</b>	139
4.3.1.	Ensino Tradicional.....	139
4.3.1.1.	Atividades de ensino segundo o enfoque tradicional .....	140
4.3.1.2.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque tradicional .....	140
4.3.2.	Ensino por Resolução de Problemas .....	141
4.3.2.1.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Da Resolução de Problemas .....	143
4.3.3.	Ensino por Aprendizagem Significativa.....	144
4.3.3.1.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque da Aprendizagem Significativa.....	144
4.3.4.	Ensinos por Descoberta .....	146
4.3.4.1.	Atividades de ensino segundo o enfoque por Descoberta .....	146
4.3.4.2.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque por Descoberta ...	147
4.3.5.	O ensino por Conflito Cognitivo .....	148
4.3.5.1.	Critérios para selecionar e organizar o conteúdo segundo o enfoque por Conflito Cognitivo .....	149
4.3.6.	Ensino pela Teoria da Elaboração .....	150
4.3.6.1.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Teoria da Elaboração .....	150
4.3.7.	Ensino pelos Conceitos Estruturantes .....	151
4.3.7.1.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Conceitos Estruturadores.....	152
4.3.8.	Ensino por Temas Geradores.....	155
4.3.8.1.	Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Temas Geradores.....	157
4.4.	<b>A organização e seleção dos conteúdos segundo as linhas gerais e as ideias reitoras.....</b>	157
4.5.	<b>A organização do currículo de Química e as perguntas chaves .....</b>	159
5.	<b>A REAÇÃO QUÍMICA COMO SISTEMA: AS CONTRIBUIÇÕES DO ENFOQUE SISTÊMICO DIALÉTICO FUNCIONAL ESTRUTURAL .....</b>	162
5.1.	<b>O Enfoque Sistêmico Dialético .....</b>	165
5.1.1.	Conceituação do Sistema.....	167
5.1.2.	Caracterização do Sistema.....	168
5.2	<b>Tipos de enfoque sistêmico dialético: genético e funcional estrutural.....</b>	170
5.2.1.	Enfoque Genético.....	170
5.2.2.	Enfoque Funcional-Estrutural.....	171
5.3	<b>O enfoque e o pensamento teórico.....</b>	177

<b>5.4</b>	<b>A reação química como um sistema sob o enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural.....</b>	<b>180</b>
5.4.1.	Determinação do modelo do objeto.....	183
5.4.2	Invariante do Modelo da Ação.....	185
<b>6.</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO .....</b>	<b>189</b>
6.1.	<b>Pressuposto e Concepções Metodológicas .....</b>	<b>189</b>
6.2.	<b>Contexto da pesquisa: seleção das provas a serem analisadas .....</b>	<b>191</b>
6.3.	<b>Análise das respostas da questão da prova .....</b>	<b>193</b>
6.3.1.	Categorias teóricas de análises .....	193
6.3.1.1.	Índice de aproveitamento ou de acerto .....	193
6.3.1.2.	O erro na aprendizagem das ciências. ....	194
6.3.1.3.	Dificuldades de aprendizagem das ciências. ....	195
6.3.1.4.	Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema	195
6.4.	<b>Processo de análise da questão da prova.....</b>	<b>197</b>
6.5.	<b>Entrevista semiestruturada. ....</b>	<b>198</b>
6.5.1.	Objetivo da entrevista.....	198
6.5.2.	Entrevista semiestruturada: vantagens e desvantagens.....	198
6.5.3.	Critérios para seleção dos professores.....	199
6.5.4.	Plano de Entrevista .....	199
6.5.5.	A entrevista.....	201
6.6.	<b>Análise das respostas das entrevistas: Análise do Discurso.....</b>	<b>208</b>
6.6.1.	Organização dos dados das análises das respostas .....	209
6.6.2.	Validação dos instrumentos de pesquisa. ....	209
<b>7.</b>	<b>O CONHECIMENTO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE A REAÇÃO QUÍMICA COMO SISTEMA COMPLEXO: O CASO DOS CANDIDATOS AO CURSO DE QUÍMICA .....</b>	<b>210</b>
7.1.	<b>Caracterização do contexto e do sujeito da pesquisa. ....</b>	<b>210</b>
7.1.1	Caracterização dos professores entrevistados.....	212
7.2.	<b>O conhecimento dos estudantes do Ensino Médio sobre a reação química.....</b>	<b>212</b>
7.3.	<b>As dificuldades e erros e relacionados aos parâmetros <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> e <math>E_a</math> da reação química dos candidatos ao curso de Literatura em Química .....</b>	<b>216</b>
7.3.1.	Dificuldades e erros relacionados com o parâmetro Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ). ....	217
7.3.2.	Dificuldades e erros relacionados com o valor da constante de equilíbrio ( $K_p$ ) .....	219
7.3.3.	Dificuldades e erros relacionados com a energia de ativação ( $E_a$ ).....	221
7.3.4.	Cálculo da massa de hidrogênio .....	223
7.4.	<b>Níveis de desenvolvimentos da habilidade de interpretar a reação química.....</b>	<b>225</b>
7.4.1.	Determinação dos níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema .....	225

7.4.2.	Os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema complexo .....	228
7.4.3.	Dificuldades e erros relacionados com integração dos parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e E.A .....	231
7.5.	<b>A opinião de professores de Química sobre o conhecimento dos estudantes para interpretação reação química como sistema complexo.</b> .....	236
7.5.1.	Conclusão da análise do discurso .....	244
8.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	245
	<b>REFERENCIAS</b> .....	247
	<b>APÊNDICE</b> .....	271

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. O contexto da educação científica no século XXI: o aprender ciências

Estamos vivendo em um tempo no qual se verifica grandes transformações no campo político, econômico, social e cultural com o avanço da tecnologia e do conhecimento científico. A educação no século XXI se apresenta com muitos desafios, pois tem a função de apresentar respostas aos problemas sociais, proporcionados por uma sociedade baseada na informação, no conhecimento e no aprendizado.

Quando o conhecimento se torna um eixo central da atividade produtiva, a escola passa a ter uma função diferente daquela da revolução industrial cujo intuito era a qualificação de mão de obra para o trabalho nas indústrias. Hoje a escola passa a ter a função de desenvolver habilidades e formar competências e nessa perspectiva apresenta-se com o objetivo de formar o aluno desenvolvendo a capacidade de usar a ciência como elemento de interpretação e intervenção.

A preparação para o mundo do trabalho requer o desenvolvimento nas novas gerações, não só, nem principalmente, de conhecimentos, ideias, habilidades e capacidades formais, mas também da formação de atitudes e de formas de comportamento (GÓMEZ, 2007).

É nesse contexto que o Ensino Médio tem ocupado, nos últimos anos, um papel de destaque nas discussões sobre a educação brasileira, pois sua estrutura, seus conteúdos, bem como suas condições atuais, estão longe de atender às necessidades dos estudantes, tanto nos aspectos da formação para a cidadania, como para o mundo do trabalho. Como consequência dessas discussões, sua organização e funcionamento têm sido objeto de mudanças na busca da melhoria da qualidade (BRASIL, 2013).

Para Zabala (2002), o ensino tradicional promove a desvinculação entre o cotidiano e o científico e vice-versa, de forma tal que os estudantes dispõem simultaneamente de dois tipos de conhecimento: o que é útil na vida diária e outro, produzido pela Ciência, que se aplica somente no contexto da escola.

Núñez e Ramalho (2004) reafirmam a importância da escola expondo que com os novos rumos da economia surgem problemas de competitividade para os quais a existência de recursos humanos qualificados e o acesso aos conhecimentos são condições indispensáveis. Assim se reafirma que cada vez mais se amplia o reconhecimento da importância da educação na chamada sociedade do conhecimento, ampliando a responsabilidade das instituições educacionais do país. Com o avanço tecnológico, a produtividade e a competitividade dessa

nova economia dependem essencialmente da sua capacidade de gerar, processar e aplicar formas mais eficientes de informações fundamentadas no conhecimento, o que exige uma nova cultura de aprendizagem e de ensino no contexto escolar.

Gutierrez (2006), observando essa importância, considera que os estudantes necessitam estar preparados para conviver em uma sociedade voltada as mudanças científicas e tecnológicas de forma acelerada, compreendendo a natureza das ciências, seus procedimentos, seus malefícios e benefícios. Nesse sentido, o conhecimento científico se insere no corpo do conhecimento das ciências, como um processo de construção social. Nesse cenário sócio tecnológico de novas demandas sociais e desafios, são colocados às instituições educativas que precisam inevitavelmente enfrentar este acúmulo de conhecimentos científicos, as novas tecnologias, a disseminação sistemática da informação, o acesso ao conhecimento e à comunicação, por meio de redes eletrônicas complexas.

É de suma importância que a educação proporcione a aprendizagem das ciências e a elevação no nível de cultura científica, para assim, preparar o aluno para as novas exigências das relações de trabalho e as novas competências solicitadas pela sociedade (NÚÑEZ; SILVA, 2008).

Uma das funções colocadas por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) para o ensino de ciências nas escolas é que este deve permitir ao aluno se apropriar da estrutura do conhecimento científico e de seu potencial explicativo e transformador, de modo que possibilite um olhar abrangente sobre o mundo.

Não podemos esquecer a importância fundamental da ciência para a sociedade, seja como algo decisivo do desenvolvimento econômico da nação, seja na melhoria da qualidade de vida, na transformação e conservação do meio ambiente, no avanço tecnológico, na guerra e na paz, entender que de alguma forma ela se faz presente hoje e sempre.

A ciência tem uma participação importante nesse contexto, pois se define como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, que procura a compreensão e transformação da natureza e da sociedade, expressa-se na forma de conceitos representativos das relações de forças determinadas e apreendidas da realidade (BRASIL, 2013).

As Ciências da Natureza constituem-se como atividade social, visto que são patrimônio cultural da humanidade construída ao longo da história do homem. Portanto, a sua apropriação deve ser entendida como um direito de todos e necessária ao exercício da cidadania, sobretudo, no mundo atual, o qual são tantos desafios que são enfrentados pela sociedade.

Na Conferência Mundial sobre a Ciência para o século XXI, patrocinado pela UNESCO e pelo Conselho Internacional para a Ciência, a Declaração de Budapeste declarava:

"Para um país ser capaz de atender as necessidades básicas de sua população, o ensino da ciência e tecnologia é imperativo e estratégico. Como parte dessa educação científica e tecnológica, os alunos devem aprender a resolver problemas específicos e satisfazer as necessidades da sociedade, usando as suas competências e seu conhecimento científico e tecnológico. E acrescentou: "Hoje mais do que nunca é necessário fomentar e promover a alfabetização científica e divulgar a literatura científica em todas as culturas e em todos os setores da sociedade ... para melhorar a participação na tomada de decisões relativas à aplicação dos novos conhecimentos "(Declaração de Budapeste, 1999).

É objetivo do ensino das Ciências da Natureza, contribuir para que os estudantes apropriem-se de conceitos científicos, habilidades e atitudes, de forma que sejam capazes de identificar e propor problemas, interpretar e explicar fenômenos, elaborar hipóteses e estratégias de solução para situações problematizadoras da vida real, de ordem pessoal e social, além de saber trabalhar em equipe, como prerrogativa para a sua formação humana integral, e assim, o exercício da cidadania crítica. A competência na área das Ciências da Natureza sobrevém como necessária para um conhecimento basilar a cidadania na sociedade do século XXI.

Diante dos desafios atuais e do desenvolvimento das sociedades contemporâneas, e suas perspectivas, é indulgente pensar em estratégias pertinentes para conduzir a formação científica dos cidadãos.

A ciência compreende um sistema de conhecimentos, habilidades, atitudes, procedimentos relevantes para se viver, compreender e agir no mundo contemporâneo, associado ao conhecimento das tecnologias. A ciência é parte da cultura universal, por isso, pode abrir novas possibilidades na vida social e para a formação de um mundo do trabalho cada vez mais complexo. Na sociedade global é necessário incorporar o conhecimento científico para criar, pesquisar e adotar tecnologias. A educação científica fornece recursos diferentes para se pensar, agir, tomar decisões sobre problemas como os riscos de destruição de reservas naturais, biológicas, energéticas do planeta, dos perigos da ação humana para a saúde, dentre outro.

Hodson (2003) considera que os cidadãos devem compreender como a ciência e a tecnologia transformam o ambiente, para poder se defender e exercer seus direitos sem vulnerabilidade numa sociedade democrática, mas dependente tecnologicamente. Os cidadãos cientificamente educados podem se defender face aos perigos que pode representar um uso inadequado da ciência e da tecnologia.

Segundo Hodson (2003), a alfabetização científica deve estar articulada com a alfabetização política. Elas devem ter como objetivo o bem-estar comum. A alfabetização

política busca formar cidadãos críticos com a sua sociedade. Com essa formação os indivíduos estarão em condições de transformar e construir uma democracia justa, com responsabilidade social e moral, levando em conta aspectos como responsabilidade social e moral da ciência e a integração da mesma com a sociedade;

Lemke (2006) afirma que a educação científica deve ampliar suas metas, visando contribuir com a melhoria da sociedade e a vida do cidadão, dando oportunidade das pessoas ter uma vida digna com saúde, educação e alimentação.

Na atualidade a educação científica pode ser pensada sob a perspectiva da alfabetização e do letramento científicos

Como indicam Brown *et. al.* (1989), a aprendizagem de um domínio deve ser inserida na cultura desse domínio, o que significa que a aprendizagem das ciências deve ser inserida na cultura científica. Para Geertz (1989), a cultura deve ser compreendida como uma rede de significados que incluem conflitos e relações de poder presentes nas sociedades. Trata-se de uma construção simbólica do mundo sempre em transformação, no qual os atores sociais escrevem e reescrevem o texto cultural inseridos em determinado contexto, dentro do qual interpretam, organizam e dão sentido à sua existência.

O indivíduo não está sozinho, isolado, ele faz parte de um todo, o indivíduo está na sociedade, que também está no indivíduo. As pessoas fazem parte de uma comunidade, que também está inserida na pessoa com todas as suas normas, linguagem e cultura, e que ao mesmo tempo é produto dessa sociedade e produtora de sua manutenção (PETRAGLIA, 2006).

Para que o aluno desenvolva competências científicas ele deve saber como utilizar as informações científicas, a escola deve propiciar um aumento de interação entre essas três instâncias: a escola, a ciência e a sociedade.

J. Delors (1998) – fala dos “quatro pilares da educação” (aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser), como habilidades essenciais para o estudante dessa nova sociedade.

Os quatro pilares como afirma J. Delors (1998) são habilidades essenciais para educação do século XXI, e descreve:

[...] aprender a conhecer, isto é, adquirir os instrumentos da compreensão; aprender a fazer, para poder agir sobre o meio envolvente; aprender a viver juntos, a fim de participar e cooperar com os outros em todas as atividades humanas; finalmente, aprender a ser, via essencial que integra as três precedentes (J. DELORS, 1998, p. 89-90).

O acúmulo de conhecimentos provoca profundas transformações na forma de organização e distribuição do próprio conhecimento. Nesse contexto, a transformação na escola deve iniciar na capacidade de aprender, que terá de ser trabalhada não apenas nos alunos, mas na transformação da ação docente através de uma contínua reflexão de suas ações em sala de aula. Espera-se que essas transformações contribuam para o pensar sobre Ensino Médio, como etapa final da educação básica, na qual, conforme a Lei de Diretrizes e Bases do Ensino Médio (LDB,1996), explícita há a necessidade de se desenvolver competências e habilidades, e estas são consequências diretas de uma aprendizagem escolar básica adequada para preparar as gerações que chegam ao final desse nível de ensino.

Nesse contexto, foram discutidos quais devem ser os fins da educação científica no Ensino Médio. Jiménez e Sanmartí (1997) estabelecem cinco metas ou finalidade da educação científica que são:

- 1) A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos;
- 2) O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico;
- 3) O desenvolvimento das habilidades experimentais e de resolução de problemas;
- 4) O desenvolvimento de atitudes e valores;
- 5) A construção de uma imagem da ciência.

Jiménez (2007) afirma ser necessário uma mudança fundamental e obrigatória nos currículos escolares e isso para ela necessita: de uma sociedade com maior desenvolvimento tecnológico; da curiosidade do ser humano em conhecer as características e limitações do seu corpo; ter uma sociedade que possa participar ativamente e conscientemente da conservação do meio ambiente e pensar no seu desenvolvimento sustentável; conhecer hábitos saudáveis para melhor conduzir sua qualidade de vida e transferir com consciência muitos dos valores aprendidos a outros contextos e situações cotidianas.

Esse estudante do século XXI deve desenvolver competências em que se incluem, segundo a matriz do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM (BRASIL, 2009):

- Dominar a linguagem científica;
- Aplicar os conceitos em várias áreas do conhecimento para a compreensão dos fenômenos naturais;
- Selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados e informações;
- Representar as informações de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações problemas;

O desenvolvimento dessas habilidades leva o estudante a uma competência científica, a qual fornece condições para a resolução de situações problemas e tomar decisões com

segurança. E é consenso entre os pesquisadores na Didática das Ciências Naturais a necessidade de que o ensino de Ciências Naturais forneça aos estudantes, condições de desenvolverem essas habilidades mais gerais.

Os documentos oficiais chamam a atenção para o desenvolvimento dessas habilidades na sala de aula e futuramente a formação de competências como podemos ver nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB, 2013) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002a), reafirmando que as ideias preconizadas na Lei de Diretrizes e Base (LDB, 1996), devem possibilitar aos adolescentes do Ensino Médio acesso a conhecimentos que permitam a compreensão das diferentes formas de explicar o mundo, seus fenômenos naturais, sua organização social e seus processos produtivos. Assim reafirmando, o seu ensino e suas práticas pedagógicas devem incorporar as novas tecnologias proporcionando a formação de competências para todos e com o máximo de equidade.

Os estudos da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, OCDE, (2006) sobre as competências consideradas “chave” para a “educação e para a vida”, desenvolveu o projeto *Definition and Selection of Competencies (DeSeCo)*, envolvendo debates e estudos para identificar um conjunto de competências básicas necessárias para levar vidas responsáveis e exitosas em uma sociedade moderna e democrática e para que a sociedade enfrente os desafios do presente e do futuro (SALGANIK *et. al.* 1999).

Em muitos países as reformas no ensino de Ciências Naturais tomam como pressupostos o que tem sido nomeado como Competência Básica (GONZALEZ *et. al.*, 2011). Elas representam as finalidades gerais da Educação Básica e tem como intento integrar as diferentes aprendizagens, tanto formais como as informais, permitindo a todos os estudantes a aprendizagem e o desenvolvimento dos saberes, habilidades, atitudes e valores, essenciais ao exercício da cidadania no século XXI. As competências básicas representam o que um cidadão deve dominar para se inserir e participar de forma democrática na sociedade.

Uma das competências básicas nessas propostas curriculares, para o caso do currículo da Espanha, diz respeito ao conhecimento e a interação com o mundo físico. Essa habilidade se define como:

Habilidade para interagir com o mundo físico, em seus aspectos naturais e nos gerados pela ação humana, possibilitando a compreensão de acontecimentos, poder prever consequências e a atividade dirigida a sua melhoria e preservação, compreende, de igual forma, habilidades para agir e compreender com autonomia e iniciativa em diferentes âmbitos

(saúde, atividade produtiva, consumo, ciência, processos tecnológicos, dentre outros) (GONZALEZ et. al., p. 86, 2011).

As competências básicas têm caráter metadisciplinar, ou seja, devem ser trabalhadas em todas as áreas do currículo, em todas as disciplinas, exigindo de metodologias que fomentem o trabalho colaborativo, a resolução de problemas, a tomada de decisão, a criatividade, a autonomia, dentre outros.

A Competência em Ciência está vinculada com o desenvolvimento de habilidades, conhecimento, atitudes e valores para interagir e agir no mundo físico, em seus aspectos naturais e nos modificados pela ação humana, e integrado com o mundo social. Dessa forma se possibilita a compreensão numa postura cidadã no marco da educação científica para poder participar de forma crítica, responsável e sustentável na sociedade democrática, o que inclui vários contextos como os pessoais, sociais e do mundo do trabalho.

A inclusão da competência básica científica como componente central do currículo escolar, passa a ser entendida como um meio para propiciar aos cidadãos pensar cientificamente, de modo a propiciar a formação humana integral constituída de sentidos e significados críticos, não apenas no sentido de apropriação de saberes, mas também, ser competente para colocar esse conhecimento em ação, como declara I. B. Núñez (2009), ou seja, saber transferir conceitos e ações internalizados na escola no contexto real, para atuar na sociedade exercendo de fato a cidadania, e principalmente, criar suas próprias estratégias para aprender e desenvolver-se ao longo da vida.

A escola deve repensar na sua organização curricular, seus processos de ensino e aprendizagem e, é claro, no papel que exerce numa sociedade modelada intensamente pela ciência e tecnologia.

Sabe-se que na atualidade não é possível que os estudantes assimilem tudo, pois temos uma quantidade muito grande de conteúdo na Educação Básica. Assim a atenção no momento deve voltar-se para estruturar os conteúdos das disciplinas. Os estudantes podem desconhecer certas regras e recomendações particulares, porém o importante é que os estudantes assimilem os métodos gerais, a partir dos quais poderá dar solução as tarefas, o qual significa formar neles um pensamento do tipo teórico.

Segundo Pozo e Gómez (2009 p.24),

Os alunos da educação científica não precisam de mais informação (embora possam precisar também disso), mas sobretudo da capacidade para organizá-la e interpretá-la, para lhe dar sentido. E, de maneira muito especial, como futuros cidadãos, mais do que tudo, vão precisar de capacidade para buscar, selecionar e interpretar a informação.

E continuam os autores

A escola não precisa mais proporcionar toda a informação relevante, porque esta é muito mais móvel e flexível do que a própria escola: o que ela pode fazer é formar os alunos para que possam ter acesso a ela e dar-lhe sentido, proporcionando capacidades de aprendizagem que permitam uma assimilação crítica da informação. (POZO; GÓMEZ, 2009, p.24)

Apresenta-se nessa tese que o conteúdo pode ser organizado a partir de uma estruturação sistêmica dialética, pois procura assegurar o programa da disciplina sem reduzir a capacidade informacional, ao contrário, aumenta-se, uma vez que a assimilação dos conhecimentos fundamentais permite considerar e analisar independentemente, qualquer fato particular, estabelecendo uma manifestação da essência assimilada e, em uma série de casos, permite obter de forma independente não só fatos particulares, que são conhecidos no presente, mas também os novos, desconhecidos pelos alunos (RESHETOVA, 1988).

Mesmo considerando o tratamento dado ao trabalho didático-pedagógico, como as possibilidades de organização do Ensino Médio, tem-se a percepção que tal discussão não chegou às escolas, mantendo-se atenção extrema no tratamento de conteúdos sem a articulação com o contexto do estudante e com os demais componentes das áreas de conhecimento e sem aproximar-se das finalidades propostas para essa etapa do ensino, constantes na Lei de Diretrizes e Bases (LDB, 1996). Foi observado em estudo promovido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2009), que incluiu estudos de caso em dois Estados, *“os ditames legais e normativos e as concepções teóricas, mesmo quando assumidas pelos órgãos centrais de uma Secretaria Estadual de Educação, têm fraca ressonância nas escolas e, até, pouca ou nenhuma, na atuação dos professores”* (UNESCO, 2009).

O Programme for International Student Assessment – PISA (OCDE, 2006), cuja iniciativa internacional de avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países dessa organização e cujo objetivo é produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico, também procura verificar até que ponto as escolas desses países participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea.

No PISA (OCDE, 2006), encontramos referência para pensar a educação científica na educação básica. No PISA (OCDE, 2006), o letramento científico é referenciado como o entendimento e envolvimento em uma discussão crítica sobre as questões que abrangem a ciência e tecnologia requerem três competências específicas de domínio. A primeira é a

capacidade de fornecer explicações para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologias e suas implicações para a sociedade. Tal capacidade requer um conhecimento das principais ideias explicativas da ciência e as questões que emolduram a prática e os objetivos da ciência. A segunda é a competência para usar um conhecimento e compreender a investigação científica para: identificar questões que podem ser respondidas por investigação científica; identificar se os procedimentos adequados foram utilizados e propor maneiras de eventualmente, abordar tais questões. A terceira é a competência para interpretar e avaliar dados e evidências cientificamente e avaliar se as conclusões são justificadas (OCDE, 2015).

O letramento científico no OCDE (2015) é definido por três competências para:

- a) Explicar fenômenos cientificamente;
- b) Avaliar e planejar experimentos científicos;
- c) Interpretar dados e evidências cientificamente

Uma pessoa cientificamente letrada deve ser capaz de interpretar e dar sentido a formas básicas de dados e provas científicas que são usados para fazer reivindicações e tirar conclusões. A exibição de tal competência pode exigir as três formas de conhecimento de ciências.

Aqueles que possuem essa competência devem ser capazes de interpretar o significado das evidências científicas e suas implicações para um público específico com suas próprias palavras, usar diagramas ou outras representações, conforme apropriado. Esta competência requer a utilização de ferramentas matemáticas para analisar e resumir os dados e a capacidade de utilizar métodos normalizados para transformar os dados para diferentes representações (OCDE, 2015).

Segundo a OCDE (2015), o conhecimento científico consiste de três elementos distintos, porém relacionados. O primeiro deles, o mais familiar, é o conhecimento de fatos, conceitos, ideias e teorias sobre o mundo natural que a ciência estabeleceu. Por exemplo, como as plantas sintetizam moléculas complexas usando luz e dióxido de carbono ou a natureza da matéria. Este tipo de conhecimento é referido como "conhecimento do conteúdo" ou "conhecimento do conteúdo de ciências". O conhecimento dos procedimentos que os cientistas usam para estabelecer o conhecimento científico é referido como "conhecimento procedimental". Este é um conhecimento das práticas e conceitos em que se baseia a investigação empírica, como a repetição de medidas para minimizar erros e reduzir a incerteza, o controle de variáveis e os procedimentos padrões para representar e apresentar dados (MILLAR, LUBBEN, GOTT, DUGGAN, 1995). Mais recentemente, foram mencionados como sendo conjunto de "conceitos de evidência" (GOTT, DUGGAN, ROBERTS, 2008). Além disso, a compreensão da ciência como prática também exige "conhecimento epistemológico", que se refere à compreensão do

papel das concepções específicas e da definição de características essenciais para o processo de construção do conhecimento na ciência (DUSCHL, 2007). O conhecimento epistemológico inclui o entendimento da função de perguntas, observações, teorias, hipóteses, modelos e argumentos na ciência e o reconhecimento do papel desempenhado pelas várias formas de investigação científica e pela revisão no estabelecimento do conhecimento considerado confiável. (OCDE, 2015).

No contexto escolar o ensino de ciências naturais apresenta diversas dificuldades devido a vários fatores que vêm se acumulando sem encontrarmos uma solução real, como falta de formação específica dos professores, conteúdo fora de contextos, desmotivação e principalmente dificuldades no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos. Muitas são as pesquisas preocupadas em conhecer as principais dificuldades no ensino-aprendizagem das ciências naturais.

Avaliação de Alunos no PISA (OCDE, 2006), mostram que os jovens brasileiros estão em situação extremamente precária. A comparação dos resultados obtidos por nossos alunos coloca o nosso País em situação de desvantagem em relação a quase todos os países que participam do PISA (OCDE, 2006).

Os resultados do PISA (OCDE, 2006) confirmam a experiência cotidiana dos professores universitários que constata que a grande maioria dos estudantes, mesmo quando oriundos de escolas consideradas de boa qualidade, terminam sua educação básica e chegam ao ensino superior com graves deficiências em sua capacidade de fazer uso de informações e conhecimentos de tipo científico para entender o mundo que os circunda e resolver problemas e questões que lhes são colocados (HAMBURGUER et al, 2008).

Ocorre que a escola tradicionalmente não vem ensinando os alunos a fazer a leitura da linguagem científica e muito menos a fazer uso da argumentação científica. O ensino de ciências tem-se limitado a um processo de memorização de vocábulos, de sistemas classificatórios e de fórmulas por meio de estratégias didáticas em que os estudantes aprendem os termos científicos, mas não são capazes de extrair o significado de sua linguagem (SANTOS, 2007).

Na didática das Ciências Naturais, muito se tem discutido sobre dificuldades para a educação científica dos estudantes da educação básica.

No campo do Ensino das Ciências que trabalha com a investigação dos mecanismos pelos quais os alunos aprendem, é grande a preocupação dos docentes no que se refere às dificuldades na aprendizagem dos conceitos científicos. Conhecer os obstáculos que podem se apresentar nos estudantes do Ensino Médio no estudo do complexo mundo da ciência é

necessário, o professor deve conhecer as soluções dos problemas e as possíveis soluções e possibilitar os saltos qualitativos importantes para o avanço do conhecimento.

Para Yudin (1978), a revolução científico-tecnológica contemporânea introduz mudanças essenciais nas características do pensamento científico como atividade teórica: mudar o objeto e os métodos da investigação, formas de organização do conhecimento com os esquemas conceituais do objeto, isto é, mudar todo o sistema do pensamento científico. As características essenciais do pensamento científico contemporâneo é a elevação do papel e a importância dos conhecimentos metodológicos.

Giordan e De' Vecchi (1996), ao discutir a problemática do ensino de ciências, destacam alguns elementos comuns em muitos países, e de grande atualidade, dentre eles: a evidência de constatações convergentes que mostram que apesar de um certo número de esforços de renovação, a educação científica continua apresentando dificuldades. A maior parte do saber científico, ensinado durante a escolaridade, é esquecido após alguns anos, ou até em algumas semanas, se é que foi adquirido. Os conhecimentos são dificilmente aprendidos pelos estudantes, as transferências de aprendizagens praticamente não acontecem. O ensino não cumpre um papel integrador perante tantas informações. Difícil de se aplicar o saber científico na vida diária, para resolver problemas.

Importante considerar que a forma especificamente humana de construção do conhecimento é baseada em motivar a ação para encontrar as relações entre informação e as práticas sociais que lhes dão significado.

Driver *et. al.* (1999), expressa isso em seu artigo quando diz que:

aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos-uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza - nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos alunos, através de eventos discrepantes. Aprender ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo (DRIVER *et. al.*, 1999, p. 36).

#### 1.1.1. A importância de estudar Química na atual sociedade do conhecimento

Educar é uma tarefa muito complexa, um processo longo e contínuo, que tem como premissa levar o indivíduo ao desenvolvimento mais amplo, ampliando, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) e as DCNEB (2013) uma postura reflexiva, crítica, questionadora e investigativa para uma completa interação com o meio ambiente com que se relaciona.

A Química tem uma grande importância para a economia mundial, com esse conhecimento se pode compreender e ajudar a controlar aspectos relacionados à cidadania, como, por exemplo, os impactos sociais, ambientais e econômicos causados pelos avanços industriais e tecnológicos que permeiam as últimas décadas.

Geralmente considera-se a química uma disciplina difícil, porque ela é ao mesmo tempo muito concreta (refere-se a uma ampla gama de substância) e muito abstrata (baseando-se nos átomos, que não se tem acesso) e porque a relação entre as transformações observadas e as explicações não é óbvia, pois referem-se a transformações químicas com uma linguagem simbólica, o que é muito diferente daquela conhecida e usada pelos alunos na vida cotidiana. Mesmo assim, o objeto da química (compreender e gerenciar a transformação de materiais) está longe dos interesses do povo, agora, que já estão habituados a aceitar os fenômenos sem necessidade de compreendê-los (IZQUIERDO, 2004).

A Química deve contribuir com os aspectos de uma sociedade produtiva, na qual o conhecimento está em constante evolução, e que, portanto, existe a necessidade de se re(pensar) a produção do conhecimento científico, na formação do elo entre trabalho, ciência, tecnologia e cultura.

Isso significa que o ensino de química implica a transformação do conhecimento científico em conhecimento escolar, configurando a necessidade de criação de um novo campo de estudo e investigação, no qual questões centrais sobre o que, como e por que ensinar química constituem o cerne das pesquisas (SCHNETZLER, 2002, p. 15).

As propostas apresentadas para o ensino de Química nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio PCNEM (BRASIL, 2002a) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM, 2008), se contrapõem a ênfase na memorização de informações, nomes, fórmulas e conhecimentos como fragmentos desligados da realidade dos alunos. Ao contrário disso, pretende que o aluno reconheça e compreenda, de forma integrada e significativa, as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos em diferentes contextos, encontrados na atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera, e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola

Segundo Hodson (1993), a Química como ciência preocupa-se com três objetivos primordiais: *o aprender química; o aprender sobre química e o aprender a fazer química*. Aprender química significa internalizar conceitos, modelos e teorias. Aprender sobre a química refere-se a sua natureza, história, sociologia e seus métodos. Por fim aprender a fazer química é o desenvolvimento de habilidades na prática da investigação química.

Ao considerar a relevância de se aprender química na sociedade de hoje, temos em mente a construção da cidadania no que se refere à participação consciente e deliberada dos indivíduos na sociedade. Para isso, é necessário que o cidadão disponha de várias informações, entre elas, aquelas oriundas do conhecimento químico relacionadas ao avanço tecnológico dessa mesma sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 1997). Mortimer e Miranda (1995) entendem que a apropriação do conhecimento em química configura-se como um valioso instrumento para a efetiva formação do cidadão, pois poderá lhe permitir uma leitura mais crítica e consciente acerca do mundo a sua volta.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (2002), também afirmam que no Ensino Médio a disciplina de Química deve ser valorizada, na qualidade de instrumento cultural essencial na educação humana, como meio coparticipante da interpretação do mundo e da ação responsável na realidade. Segundo o que foi estabelecido nos PCN+ (BRASIL, 2002b),

[...] a Química pode ser um instrumento da formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade, se for apresentado como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagens próprios, e como construção histórica, relacionada ao desenvolvimento tecnológico e aos muitos aspectos da vida em sociedade (BRASIL, 2002, p. 109).

### O aprendizado de Química

[...] deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2002, 109).

Diante desse contexto a aprendizagem da Química pelos alunos de Ensino Médio indica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam avaliar de forma crítica as informações que decorreram da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos.

No que diz respeito ao ensino de Ciências da Natureza, cada vez mais se faz necessária a necessidade de novas propostas pedagógicas que contribuam para a oferta de uma educação científica contextualizada, interdisciplinar e integrada, que permita aos estudantes dar sentido as suas aprendizagens de forma coerente com a natureza dessa área da cultura humana, de tal

forma que seja possível desenvolver um pensamento científico sobre o mundo, possibilitando novas formas de agir na sociedade democrática do século XXI.

### 1.1.2 A importância do estudo das reações químicas como conteúdo chave

O estudo das reações químicas constitui um tema central na aprendizagem da Química na educação básica. É um conteúdo, que na opinião de Caamaño (2003) se relaciona com as perguntas-chaves: Por que algumas substâncias se transformam em outras? Para a autora a compreensão das reações químicas é um aspecto central na estrutura conceitual da Química, fato que explica o lugar importante que tem ocupado essa temática, nas propostas didáticas para o ensino de Química.

Conhecimentos conceituais sobre as transformações químicas, como as relações de massa, energia envolvida, a extensão e a velocidade com que ocorrem, são importantes para que o estudante compreenda os processos que ocorrem no meio natural, na indústria, em suas casas, ampliando assim a compreensão do mundo físico e social (BRASIL, 2015).

Um objetivo da química é o controle de alteração química e para poder executá-la é necessária uma maneira específica de fazer (método), pensar (sobre os dados quantitativos, com a teoria se for o caso) e falar (linguagem). Os modelos usados devem fornecer um conceito adequado da matéria e da energia envolvida nas reações químicas (IZQUIERDO, 2003).

O conhecimento das reações químicas é necessário para a compreensão do mundo natural e para dar sentido a experiências em contextos pessoais, locais, nacionais e globais. Assim, a aplicação de conhecimentos científicos e a implantação de competências científicas requerem a consideração de qual sistema e quais limites se aplicam em qualquer contexto particular.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002a), a disciplina de química deve ser baseada nos conceitos das transformações químicas, dos materiais e suas propriedades, e estes conceitos requerem o uso de modelos abstratos que os alunos devem interpretar e analisar, tirar suas conclusões e serem capazes de tomar decisões baseadas nestes conhecimentos.

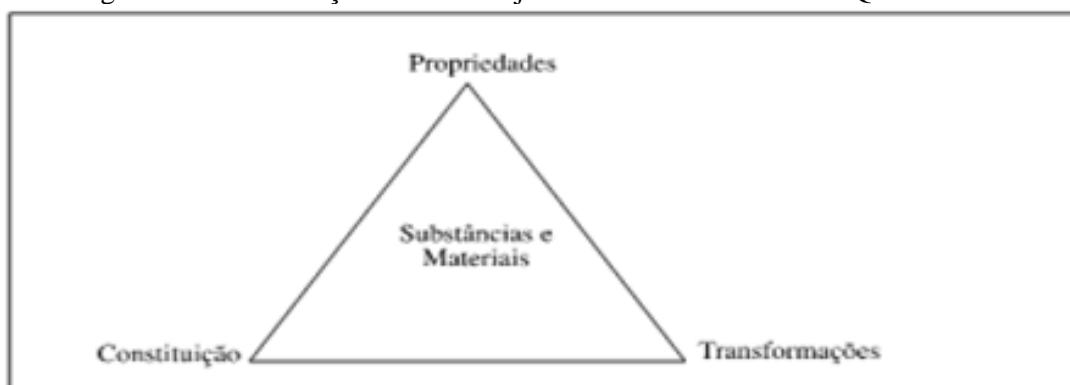
Podemos exemplificar a importância das reações químicas para assim compreender os fenômenos que ocorrem constantemente no dia-a-dia das pessoas, seja no preparo de alimentos, em pilhas e baterias, ou no próprio corpo humano. Embora as pessoas convivam com as reações químicas, percebê-las como tal, compreendendo seus processos, implicações e condições não é uma tarefa simples (RICHETTI, MILARÉ, FILHO, 2009). As reações químicas são importantes por ser um dos eixos principais no desenvolvimento dos conteúdos de química, tornando-se

importante e essencial por ser necessário aos cidadãos para uma melhor compreensão do mundo físico que nos rodeia.

Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno compreender tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM, 2013), promulgam que a Química se estrutura em um tripé bastante específico que está relacionado dinamicamente, centrando os estudos da Química como ciência e como componente curricular. Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), a Química estrutura-se como um conhecimento no qual se estabelecem relações complexas e dinâmicas, sendo os três eixos constitutivos, a saber: as transformações químicas, os materiais e suas propriedades e os modelos explicativos. O triângulo apresentado na figura 01 representa as inter-relações entre os objetos e focos de interesse da química

Figura 01 – Inter-relações entre os objetos e focos de interesse da Química



Fonte: MOTIMER, *et. al.* (2000)

O estudo do tema reação química tem sido considerado tanto por pesquisadores e professores parte fundamental do saber científico no campo da disciplina escolar Química.

O estudo das reações químicas é considerado como um dos eixos estruturantes da disciplina de Química no Ensino Médio, uma vez que desenvolvem nos estudantes as habilidades necessárias para que compreendam mudanças químicas que ocorrem na natureza física.

A compreensão da Química está relacionada às teorias mais baseadas na existência de diferentes estados para os objetos ou sistemas, permitindo que o aluno descreva, analise e compreenda as propriedades observáveis, e não observáveis, e suas possíveis transformações. É necessário que o aluno compreenda os processos que explicam as transformações químicas, e a existência de sistemas nos quais o conjunto de interações químicas ajudam a compreender,

a partir de diferentes pontos de vista, os mecanismos das mudanças que ocorrem nesses sistemas a fim prever suas propriedades.

Para Lopes (1995) é importante compreender que na ciência contemporânea a reação química não é apenas o fenômeno químico que ocorre naturalmente, produzindo novas substâncias: é também um *programa artificial* de produção de novas substâncias e materiais.

A reação química é um conceito central para o aprendizado da Química e cujo entendimento depende de vários conceitos que se não bem entendidos acaba por formar concepções errôneas desses conceitos. O processo reacional só pode ser compreendido mais claramente se associamos as transformações das substâncias às transformações energéticas, de forma dinâmica, evitando a abordagem mecânica - mero jogo de armar que normalmente conferimos ao ensino das reações através de suas representações: as equações químicas (FILHO *et. al.*, 2015).

Pozo (2001) conclui em sua pesquisa que os professores incluem em suas aulas aspectos acadêmicos relacionados ao conteúdo de reações químicas como um processo industrial, aspectos experimentais com aulas no laboratório e relacionados com o cotidiano simplesmente como tendência a diversificar o estudo. Laval (2004) e outros autores como Bulwik (2000), Furió e Furió (2000) e Rubilar (2009) também têm se preocupado com essa temática.

E por considerar o conceito de reação química como um dos principais pilares para compreensão do modo como se organiza e constrói o conhecimento nessa área, torna-se importante investigar quais os obstáculos que se interpõem ao processo de compreensão do mencionado conceito.

### 1.1.3. Dificuldades para o estudo das reações químicas vinculadas a fragmentação do conteúdo

Segundo Mol (1996), o ensino da Química possui muitos problemas, tais como: a simples transmissão de conhecimentos, conteúdos fragmentados, falta de motivação para estudar. Esses, entre tantos outros problemas, fazem com que os alunos tenham ainda mais dificuldades em relacionar os conteúdos entre si. Consideramos a fragmentação como um dos mais importantes e que causa as maiores dificuldades de aprendizagem.

Nas Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio, (DCEM, 2013) no que diz respeito á reação química como objeto de estudo da Química no Ensino Médio, na matriz das habilidades, a reação química se apresenta como sistema ao considerar as dimensões: caracterização das transformações; aspectos energéticos e dinâmicos e os modelos de constituição das reações químicas.

Os DCEM (2013) referenda a visão dos PCN+ (BRASIL, 2002b) quando afirma que o diálogo entre outras disciplinas com Química e entre seus conteúdos é favorecido quando compartilha-se e se articulam considerando três eixos estruturantes; linguagem, modelos teóricos próprios e conceitos químicos, que assim compoem a cultura científica. Concorda que na inter-relação diâmica dos conceitos de Química se permite organizar e estruturar de forma articulada, os temas sociais, conceitos e conteúdos.

A compreensão de uma reação química exige uma postura integrada e sistêmica (NÚÑEZ, 1992). Não obstante, podemos constatar que o ensino das transformações químicas e as próprias pesquisas sobre o ensino desse conteúdo, no geral, estruturam-se a partir das dimensões de sistema e não da sua totalidade integrada.

Outros autores como Núñez têm discutido que a compreensão de uma reação química como sistema supõe uma visão de sistema na sua totalidade, como tem apontado Reshetova (1988), Sálmina (1988) e Sanderson (1968) e implica um olhar em paradigmas integradores.

Constata-se, todavia, que a questão da fragmentação dos saberes não opera só entre disciplinas, como também é uma característica de cada disciplina relativa a seu conteúdo.

O tratamento dos conteúdos de Química com a intensa fragmentação e descontextualização, sem a relação com outros conteúdos e com os saberes e as vivências do dia a dia dos alunos, promove o ensino de uma ciência pouco significativa e, na maioria das vezes, difícil de ser realmente compreendida e aplicada pelos alunos. A fragmentação extrema promove um ensino “carregado de excesso de conteúdo e de conceitos” e não facilita ao estudante, “a compreensão da essência da ciência estudada”.

Pensando na sistematicidade dos conteúdos escolares, Vasconcelos (2005) afirma que sempre estudaremos com o “objeto em contexto”, e que é intrigante depois de termos separado muito bem o sistema nervoso do sistema digestivo, extremamente assustador encontrar neurotransmissores no sistema digestivo e hormônios digestivos no sistema nervoso. Isso é a complexidade, que não víamos até então porque nos ensinaram assim.

[...] a inteligência que só sabe separar, fragmenta o complexo do mundo em pedaços separados, fraciona os problemas, unidimensionaliza o multidimensional. “Atrofia as possibilidades de compreensão e de reflexão, eliminando assim as oportunidades de um julgamento corretivo ou de uma visão em longo prazo” (MORIN, 2000, p. 14).

Núñez (1994; 1996) mostrou em suas pesquisas, a fragmentação dos conteúdos dentro da própria disciplina de Química. Embora muito se fale da interdisciplinaridade, a questão da integração dos conteúdos na mesma disciplina tem sido pouco estudada. No caso da Química, embora suas áreas específicas, como a Química Orgânica, Química Inorgânica, Termoquímica,

Cinética Química, dentre outras, no ensino dessa disciplina, as divisões se mantêm. Isso leva a um enfoque fragmentado do objeto de estudo da Química.

Na aprendizagem científica, os conteúdos não devem ser fragmentados e/ou detalhados ao extremo. O mais adequado é que estes se permeiem em ideias e conceitos centrais, fundantes, sendo o professor um agente promotor de relações e interações entre eles e os estudantes. Dessa maneira, conforme apresentados no PCN+ (BRASIL, 2002b), a definição de focos conceituais no ensino de Química é muito importante, pois realiza um tratamento de centralização das ideias e possibilita o estabelecimento de uma estrutura de aproximação dos conhecimentos químicos a todo o momento.

O conhecimento químico se constitui em sistemas formais interpretados. Isso significa que os modelos teóricos, constituídos por um corpo de enunciados, adquirem conteúdo ao serem associados, indiretamente, a aspectos observáveis da realidade exterior. Em outras palavras sua interpretação conduz a um modelo teórico que tem a pretensão de ser a própria representação mental (teórica e interna) dessa realidade (DE LA TORRE, 1992; ADÚRIZ-BRAVO, GALAGOVSKY, 1997). Podemos dizer que cada teoria possui modelos conexos, que articulam representações associadas a ela, não sendo possível a compreensão de forma fragmentada (ADÚRIZ-BRAVO, 1999).

Não é possível ficar fechado em ideias cristalizadas, seguindo os capítulos dos livros didáticos, temos que ultrapassar as barreiras que nos prendem em práticas ou teorias reducionistas. Uma das formas para se conseguir isso é o diálogo entre os conhecimentos e os diversos tipos de pensamentos que assegure o pluralismo e a diversidade de ideias, opiniões e ponto de vista, no intuito de dar conta de uma realidade que não pode ser estática dada a sua dinamicidade.

A matriz de conhecimentos químicos, habilidades, valores da base comum, defendida nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – DCNEM (BRASIL, 1998), caracterizam o estudo das transformações químicas como um sistema a partir da compreensão de seus aspectos: caracterização, termodinâmicos, aspectos energéticos, aspectos dinâmicos e modelo de constituição.

Pozo (2001) afirma que o conhecimento conceitual sobre transformação química é um conhecimento *enciclopédico* (recordam uma grande quantidade de conceitos), mas todos de forma *fragmentado* (esse é um campo de conhecimento com uma diversidade conceitual) e *escassamente organizado* (sem relação entre os conceitos dos diferentes níveis) que não oferece uma interpretação interativa de transformação química.

Esses resultados foram confirmados por Martin Del Pozo (1998) e Develay (1983) em que se entende que as universidades não estão capacitando para o ensino. As concepções dos professores sobre esse campo conceitual atuam como obstáculos epistemológicos no processo de construção de um conhecimento profissionalizado sobre transformação química (POZO, 2001).

O tratamento dos conteúdos de química com a intensa fragmentação e descontextualização, sem a relação entre os conteúdos da própria formação do conceito e mesmo com outros conteúdos e saberes que não se relacionam com as vivências do dia a dia dos alunos, promove o ensino de uma ciência pouco significativa e, na maioria das vezes, difícil de ser realmente compreendida e aplicada pelos alunos.

Raviolo *et. al.* (2000) também se preocuparam com a problemática da fragmentação dos conteúdos e os consequentes problemas na aprendizagem da Química no curso superior na República Argentina onde se percebe uma fragmentação intradisciplinar acentuada, onde os conteúdos não se relacionam entre si, sem uma ordem crescente de complexibilidade, onde os conceitos anteriores se correspondam e se apliquem em novos conteúdos e novos contextos. Os autores afirmam que esses obstáculos interferem na aprendizagem dos conceitos químicos como as reações químicas os quais devem estruturar-se na disciplina de forma hierárquica e lógica.

Pozo *et al* (1991), assim como Raviolo *et al* (2000), chamam a atenção para a escassa organização hierárquica de um conhecimento conceitual que os alunos têm, dificultando assim o estabelecimento de relações entre os conceitos.

Para Reshetova (1988), as ideias sistêmicas dialéticas se convertem em aspectos importantes das teorias científicas e concepção contemporânea do mundo. O tipo sistêmico dialético do pensamento científico não é somente para solucionar os problemas mais complexos de uma atividade transformadora. A solução exitosa e criativa, fundamentada e responsável de uma variedade de problemas, depende da capacidade de pensar de uma forma sistêmica e dialética como uma necessidade atual da sociedade do conhecimento e da atividade prática do professor.

Considerando os poucos estudos sobre o objeto e a abordagem teórica sobre a necessidade da inter-relação entre conteúdos de reações químicas na perspectiva sistêmica dialética esta tese apresenta o que se propõe a seguir.

## 1.2. Problema

O problema central da pesquisa é estruturado na base das seguintes perguntas: Quais os erros e dificuldades apresentados por estudantes, relativo à compreensão de uma reação química como sistema complexo? Como são explicados esses erros e dificuldades segundo a literatura especializada e segundo a opinião de professores experientes que ensinam Química? O ensino que é ministrado na escola garante uma visão integradora da reação química como sistema?

## 1.3. Objetivo Geral do Estudo

A tese tem como objetivo geral investigar, identificar e caracterizar os erros e dificuldades de aprendizagem sobre reações químicas como um sistema complexo de estudantes na prova de Vestibular da UFRN, assim como conhecer as razões que professores de Química atribuem a esses erros e dificuldades de aprendizagem a fim de se avaliar se o ensino garante a visão da reação química como sistema.

## 1.4. Questões de Estudo

- ✓ Quais erros e dificuldades de aprendizagem apresentam os estudantes em relação a compreensão dos significados dos termos  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$ ,  $E_a$  e ao cálculo de quantidade de substância numa reação química?
- ✓ Quais níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema são características das respostas dos candidatos ao curso de licenciatura em Química?
- ✓ Quais as razões que professores de Química atribuem aos erros e dificuldades na compreensão das reações químicas como sistema?

## 1.5. Contribuições do Estudo

Estando o estudo das reações químicas entre os conteúdos mais importantes para a compreensão da disciplina de Química, e como poucos são os estudos que apresentam esse conhecimento como sistema complexo, essa tese traz contribuições significativas para se identificar e caracterizar os erros e dificuldades de aprendizagem quando estudantes que finalizaram o Ensino Médio respondem uma questão que demanda a compreensão de uma reação química como um sistema complexo, ou seja, não só a compreensão das dimensões da reação (qualitativa, quantitativa, energética, dinâmica, de extensão, como tradicionalmente se ensina e se pesquisa), mais sim pela integração desses aspectos. A revisão ampla de

publicações, sobre estudos dos erros e dificuldades em relação a temática nos possibilita afirmar que esse não tem sido um objeto de pesquisa suficientemente abordado.

Dessa forma, a tese aporta resultados que podem contribuir a se pensar estratégias de ensino das reações químicas como sistemas complexos.

## **1.6. Tese Inicial**

O ensino de Química na escola não garante aos estudantes a compreensão das reações químicas como sistema complexo, o que exige um ensino de conteúdos integrados, de forma sistêmica. Essa tese se constitui no fio condutor da pesquisa, na procura de argumentos diversos que permitiram responder as questões de estudo, todas relacionadas com as dificuldades e erros de aprendizagens para se compreenderem as reações químicas como sistemas complexos, que são consequências no fundamental das formas de ensino e de organizar os conteúdos das disciplinas de Química na educação básica.

## **1.7. Apresentação da Tese**

Para a estruturação dos argumentos e considerações que defendessem a Tese proposta, organiza-se a comunicação do estudo em oito capítulos.

No primeiro capítulo, apresenta-se a importância da aprendizagem da Química como ciência e a necessidade da enculturação científica para formar o cidadão que possa agir e interagir na nova sociedade do século XXI. Se apresenta a necessidade de desenvolver habilidades e competências científicas para intervir com propriedade nessa sociedade do conhecimento. Se expõem como o aprender Ciências, e conseqüentemente o aprender Química torna-se necessário para a compreensão de mundo e se defende como as reações químicas se apresentam como conteúdos chave para a compreensão da Química. O capítulo também discute as dificuldades que os alunos encontram ao estudar um conteúdo de forma fragmentado, sem conceber a visão do todo. Na sequência o problema, o objetivo geral do estudo, as questões de estudo, as contribuições desse estudo e a tese defendida nesse trabalho, para que o leitor tenha uma visão geral da pesquisa.

No segundo capítulo, mostrar-se uma série de pesquisas sobre a problemática do estudo das reações químicas. Apresentamos estudos em que os pesquisadores exibem os resultados de suas pesquisas. O capítulo trata-se das dificuldades da aprendizagem de reações químicas diante dos aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos. Muitos autores, como mostra o capítulo, ainda segundo a revisão da literatura, nacional e internacional que as concepções

alternativas e a linguagem da ciências e da Química são apontadas como o grande obstáculo da aprendizagem.

O terceiro capítulo foi estruturado para apresentar o estudo das reações químicas no Ensino Médio. É apresentado um estudo sobre as reações químicas, suas definições, tipos de reações químicas e a importância do estudo desse conteúdo, além das dimensões que se inter-relacionam para a compreensão da reação como sistema: Quantitativas, Qualitativas, Energéticas, Cinéticas, e de Equilíbrio.

Na sequência, o quarto capítulo discute a definição de conteúdo e suas dimensões, apresentando a importância de novas estratégias didáticas na organização dos conteúdos didáticos, e como organizar os conteúdos facilita a aprendizagem da disciplina de química. Nessa linha o capítulo apresenta os critérios de alguns enfoques para selecionar e organizar os conteúdos escolares: como o tradicional, cognitivistas, construtivistas, assim como outras perspectivas que se tem orientado à busca da integração dos conteúdos nas disciplinas, dentre as quais podemos citar: os conceitos estruturantes, os temas geradores e a teoria da elaboração que apresentam concepções de ensino com metodologias diferenciadas de aprendizagem.

No quinto capítulo, é apresentada uma proposta de organização dos conteúdos da Química para o Ensino Médio como uma possibilidade de integração sistêmica dialética dos conteúdos. A apresentação da reação química como sistema é estruturada segundo as contribuições do enfoque sistêmico dialético funcional estrutural, o que leva a importantes contribuições com o desenvolvimento do pensamento teórico dos estudantes. Esse capítulo é relevante para a compreensão do que consideramos como reação química como sistema.

O capítulo seis apresenta o percurso metodológico da pesquisa organizado em quatro partes: (1) A determinação dos erros e dificuldades dos estudantes na análise das respostas da prova de vestibular; (2) A identificação e caracterização dos níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reações química como sistema complexo; (3) As entrevistas feitas a professores a fim de determinar as razões que os professores atribuem ao baixo rendimento na questão 05 do vestibular (4) as estratégias de organização e análise de dados.

O capítulo sete traz os resultados da pesquisa. A organização do capítulo em momentos em que são apresentados e debatidos os resultados da análise das respostas dos estudantes, bem como a classificação nos níveis de desenvolvimento. Também foi feita a análise dos discursos dos professores entrevistados. Por fim, no oitavo e último capítulo apresenta-se as conclusões deste trabalho.

## **2. O ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS: AS DIFICULDADES NA APRENDIZAGEM DO CONTEÚDO DE REAÇÕES QUÍMICAS**

Os estudos dos erros e das dificuldades de aprendizagem são de grande importância na área da Didática das Ciências. Compreender as dificuldades para os estudantes aprenderem o conteúdo da reação química e procurar hipóteses explicativas para os erros, se institui em possibilidades de se pensar e organizar as práticas de ensino de modo a melhorar a educação científica dos estudantes.

Segundo Caamaño (2003) as dificuldades na aprendizagem dos conceitos químicos evidenciam a existência de um grande número de concepções alternativas dos estudantes, que tem sido muito estudada e publicada em vários artigos que sistematizam essas concepções alternativas, erros e dificuldades de aprendizagem.

Nesse capítulo se propõe uma sistematização de erros e dificuldades de aprendizagens a partir de uma revisão da literatura na área sobre a aprendizagem da reação química. Essa sistematização permitirá criar hipóteses para as análises das respostas dos licenciandos na questão objeto de estudo da prova do vestibular, afim de contribuir com argumentos de defesa da tese que se propõe neste estudo.

Considerando a perspectiva da reação química como um sistema complexo, o capítulo se estrutura segundo os componentes que estruturam o sistema, ou seja

- Dificuldades na compreensão do conceito de reação química;
- Dificuldades relacionadas aos aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos das reações;
- Dificuldades na dimensão quantitativa das reações químicas;
- Dificuldades na dimensão energéticas das reações químicas;
- Dificuldades na dimensão cinéticas das reações químicas;
- Dificuldades na dimensão do equilíbrio;
- Dificuldades na compreensão da reação química como sistema.

### **2.1. Dificuldades na compreensão do conceito de reação química**

Segundo Erduran e Scerri (2002), as principais dificuldades no estudo da Química podem estar relacionadas ao reducionismo da Química para a Física: os átomos são explicados como fossem entidades físicas; e o mesmo ocorre quando vamos utilizar os elétrons nas ligações químicas. Assim, a partir do ponto ontológico, segundo as autoras, se explica as transformações químicas mediante as mudanças de lugar dos átomos, e nas ligações onde se redistribuem esses

átomos, assim a Química seria reduzida a Física; em uma transformação, no ponto de vista epistemológico, os átomos físicos não servem para explicar uma transformação química, pois carecem de suas propriedades de composição que seriam necessárias para as explicações como componentes das substâncias.

Autores como Rosa e Schenetzler (1998) e Pozo e Gómez (2009), quanto às concepções de alunos com relação ao conceito de transformações químicas, indicam principalmente os seguintes problemas: a concepção de continuidade da matéria constitui um obstáculo importante na construção do conceito; suas explicações concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico e a transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico impede que construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos.

Para a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEESP, 2012), distinguir as transformações físicas das transformações químicas por meio da variação de propriedades macroscópicas das substâncias também é complexo e pode causar confusão. Para saber se houve uma reação química, precisamos comparar as propriedades das substâncias presentes no sistema, nos estados inicial e final. A vaporização da água e a dissolução de açúcar em água apresentam grandes diferenças nas propriedades macroscópicas com relação as suas situações iniciais e finais. No entanto, as mudanças de fase e as dissoluções não são classificadas como fenômenos químicos.

Shollum (1982) investigou 35 estudantes na Nova Zelândia sobre cinco eventos do cotidiano envolvendo *transformações químicas*. As considerações feitas por esses (as) alunos (as) mostraram que qualquer mudança (forma, cor ou estado) é considerada transformação química, implicando uma confusão muito grande entre transformação química e mudanças de estado.

A pesquisadora Rosa (1996) obteve resultados semelhantes no Brasil onde cerca de 60% dos alunos investigados apontavam uma transformação química como um processo onde ocorre uma mudança de estado físico ou de cor. Fato também observado nas pesquisas de Stravidou e Solomonidou (1989); Furió *et al.* (1987); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schenetzler (1998); Vicente Talanquer (2006) e Johnstone (1982, 1993, 2000).

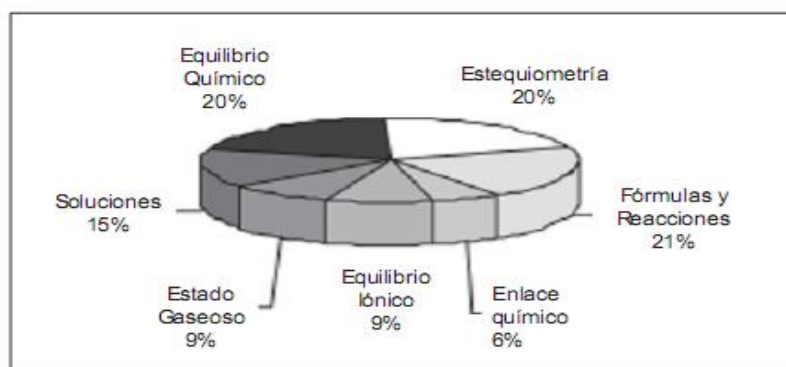
Em algumas transformações somente o estado de agregação (estado físico) do material são alterados, caracterizando uma transformação física da matéria. Em outros casos essas transformações resultam na produção de uma nova substância, com características diferentes do inicial, caracterizando uma transformação química, essa é a definição comumente encontrada nos livros didáticos, mas essas definições sobre a diferença entre os fenômenos

classificados comumente como físicos e químicos não são nada rígidos. Um exemplo clássico e que pode confundir os alunos é o processo de desidratação do sulfato de cobre, em que ocorre a mudança da cor azul intenso para branca, classificamos o fenômeno como físico ou químico?

Ao aquecermos o sulfato de cobre pentaidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) faz com que a água ligada ao sulfato de cobre evapore, desidratando o sal. Forma-se assim, o sulfato de cobre anidro branco. O aluno pode classificar como um fenômeno físico, que envolveria apenas a vaporização de água contida no cristal úmido. Mas ao reidratarmos o sal (sulfato de cobre anidro que possui coloração branca), este novamente absorve água, e volta a coloração azul, característica do hidrato. Assim o hidrato é um cristal no qual a água está quimicamente ligada com o  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  numa proporção definida, evidenciando que a transformação é química. Reforçamos esse conceito ao afirmamos que a mudança de cor é um dos indícios de uma transformação química, o que ocorre nesse caso. Um processo que visivelmente era de natureza puramente física (evaporação da água contida no sulfato de cobre úmido), apresenta também água liberada da estrutura do cristal. (SEESP, 2012).

Uma pesquisa desenvolvida por Cárdenas (2006) na Universidade de La Salles, Colômbia, aplicada a um grupo de estudantes do primeiro semestre da disciplina de Química Geral no curso de Engenharia de Alimentos tinha como um dos objetivos selecionar os conteúdos considerados mais difíceis pelos alunos e apresentou os seguintes resultados mostrados na Figura 02.

Figura 02 – Unidade do programa de Química Geral e as porcentagens dos temas que estudantes consideraram como de difícil aprendizagem



Fonte: Cárdenas (2006)

Essa pesquisa foi aplicada a 25 estudantes que resolveram questões de uma prova, cujo conteúdo foi trabalhado durante o curso.

Os resultados apresentados na Figura 02 consideraram as reações químicas e sua formulação química como o conteúdo mais difícil (21%), seguido por estequiometria e

equilíbrio químico com o mesmo grau de dificuldade (20%) e, em seguida, soluções (15%), o que confirma as dificuldades dos alunos no conceito de forma isolada.

Outra pesquisa, que também buscou conhecer quais conteúdos os alunos apresentavam maiores dificuldades foi desenvolvida por Childs e Sheehan (2009), participaram três grupos de alunos Irlandeses nesta investigação, 607 no nível de Certificado Júnior, alunos de ciências, 424 Leaving Certificate de Química, 136 alunos do primeiro ano da Universidade de Limerick na Irlanda.

As respostas foram analisadas usando o software SPSS 13.0. Classificações médias de menos que 2.5 ( $0 \leq x \leq 2,49$ ) significa que os alunos/estudantes classificavam o tema como fácil e classificações entre 2,5 e 5 ( $2,5 \leq x \leq 5,0$ ) significa que os alunos/estudantes entendiam o tema como difícil.

A tabela 01 abaixo apresenta os resultados da pesquisa para o grupo de Certificado Júnior.

Tabela 01: Tópicos das dificuldades em Química do Certificado Júnior (Irlanda)

<b>Tópicos de química que foram identificados como sendo difícil pelos alunos do Certificado Júnior</b>	
<b>Tópicos de Química</b>	<b>Valor Médio</b>
Equações químicas	3.83
Compostos covalentes	3.29
Compostos iônicos	3.20
Transformações Químicas	3.20
Ligações covalentes	3.18
Isótopos	3.11
Número atômico	3.02
Ligação Iônica	3.02
Reações de neutralização	2.94
Soluções	2.62

Fonte: Childs e Sheehan (2009)

Os temas equações químicas com 3,83 e reações químicas com 3,20 aparecem entre os primeiros na lista considerados entre os conteúdos mais difíceis. Esses temas são semelhantes aos resultados de estudos realizados no Reino Unido por Ratcliffe (2002) e na Escócia por Johnstone (2006).

Sobre a dificuldade de se compreender uma reação química, Pozo *et. al.* (1991) afirma que os alunos parecem partir de uma regra baseada na acessibilidade: "o que não se percebe, não se concebe". Assim, para fenômenos como o da combustão, alguns autores (DRIVER 1989; MÉHEUT *et. al.* 1985) consideram que as explicações dos alunos não têm em conta as interações entre as substâncias reagentes. Para estas autoras os alunos consideram apenas transformações separadas das diferentes substâncias que constituem o corpo (sendo este formado por várias substâncias justapostas) e que devido a determinados processos (ex: combustão), podem separar-se para sofrer transformações independentes.

Além disso, a maioria dos alunos tem dificuldades na interpretação de equações químicas, pois sua compreensão é limitada pelas características da superfície das representações (KOZMA, RUSSELL, MARX, 1997; KRAJCIK, 1991). Quando eles vêem uma equação, como  $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ , eles interpretam como uma composição de letras, números e linhas em vez de um processo de formação de vínculo e de ruptura dos átomos.

Para o grupo de Leaving Certificate de Química, os resultados encontrados constam da seguinte tabela 02:

Tabela 02: Tópicos das dificuldades de Leaving Certificate de Química (Irlanda)

<b>Tópicos de química que foram identificados como sendo difícil pelos alunos do Leaving Certificate de Química</b>	
<b>Conteúdo</b>	<b>Valor Médio</b>
Mecanismos de reações orgânicas	3.67
Sínteses Orgânicas	3.60
Eletroquímica	3.44
Cálculo de Equilíbrio Químico	3.33
Reações Redox	3.04
Conceito de Equilíbrio Químico	2.97
Cálculos Volumétricos	2.96
Concentrações de soluções	2.95
Ordem de reação	2.94
Elementos de transição	2.90
Lei de Hess	2.90
Princípios de Le Chatelier	2.58
Energia de ionização	2.53
Balanceamento de equações	2.50

Fonte: Childs e Sheehan (2009)

Os quatro primeiros temas com os maiores índices de dificuldades foram: mecanismos de reações orgânicas, sínteses orgânicas, eletroquímica e cálculo de equilíbrio químico. Outros conteúdos foram classificados com alto grau de dificuldade tanto para os estudantes do Leaving Certificate como para os estudantes universitários de química, conteúdos como: cálculos

volumétricos, reação redox e concentração das soluções são sempre vistos com persistência como difícil ao longo do estudo, autores como Chastrette e Franco (1991); Matute *et. al.* (2009); Aldaz *et. al.* (2005); Vasini e Donati, (2001); Furió, Bueso e Mans, (1988); Caramel e Pacca (2004); Ogude e Bradley (1994); Sanger e Greenbowe (1997); Engelhardt e Beichner (2004); De Manuel (1997) e Echeverria (1996), confirmam as pesquisas.

Carbonell e Furió (1987) afirmam que 50% dos alunos de BUP (equivalentes à 9ª Série, 1º e 2º ano do Ensino Médio) na Espanha não sabem distinguir a vaporização do álcool de sua combustão.

Numa reflexão realizada acerca da compreensão do conceito de reações químicas, Mortimer (1995), ressalta que uma das maiores dificuldades que os estudantes do Ensino Médio encontram ao estudar essas reações, relaciona-se à grande extensão e generalidade que esse conceito apresenta. O conteúdo de reações químicas é apresentado ao estudante a partir do 9º ano do ensino fundamental e representa uma parte fundamental para desenvolvimento da aprendizagem nessa disciplina.

Essa dificuldade em ultrapassar os aspectos perceptíveis é um sério obstáculo, que conduz os alunos, algumas vezes, a não reconhecer, por exemplo, o papel de reagentes e produtos numa reação química. Os melhores desempenhos em tarefas de reações químicas, segundo vários estudos disponíveis foram encontrados justamente entre os estudantes que utilizaram melhor seus conhecimentos prévios de química, ou seja, que utilizaram suas observações dos fenômenos estudados (MORTIMER, MIRANDA, 1995). Segundo os autores, os estudantes têm em mente sobre os fenômenos classificados como reações químicas, concepções muito diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica. Esses estudantes nem sempre reconhecem as substâncias que se transformam e as que permanecem constantes, centralizando sempre suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem quando as substâncias reagem entre si.

Autores como Rosa e Schenetzler (1996) e Pozo e Gómez (2009), a partir de revisão da literatura a respeito das concepções de alunos com relação ao conceito de transformações químicas, indicam principalmente os seguintes problemas: a concepção de continuidade da matéria constitui um obstáculo importante na construção do conceito; suas explicações concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico e a transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico impede que construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científico.

A mesma dificuldade já foi identificada nos alunos do Ensino Médio em pesquisas desenvolvidas em diversas escolas, buscando a definição, as concepções e as dificuldades dos

alunos a sobre os conceitos relacionados com as transformações químicas, tais como Mortimer e Miranda (1995) e Rosa e Schnetzler (1998); ainda segundo a revisão da literatura, nacional e internacional apontadas nesse trabalho, autores como Lopes (1992); Vicente Talanquer (2006, 2007); Johnstone (1982, 1993, 2000); Ribeiro (2008); Nardin, Salgado e Del Pino (2005); Furió e Furió (2000); Carbonell e Furió (1987); Pozo e Gómez (2009); Grupo de Pesquisa em Educação em Química (GEPEQ-USP, 1999); Núñez (1992) e Núñez e Pacheco (1996 a, b) Pozo (2001); Pozo e Gómez (2009); Johnstone (1982, 1993, 2000, 2006); e Ben-Zvi *et. al.* (1987) constataram que, mesmo após terem tido aulas de química, poucos (as) alunos (as) empregam os conceitos de átomo e molécula em seus raciocínios sobre transformação química. Muitos concebem o nível atômico-molecular como se fosse uma extrapolação do nível fenomenológico. Em outras palavras, o que se aplica ao macro também se aplica ao micro.

Muito embora alguns usem o termo “transformação” em suas explicações de fenômenos naturais, eles nem sempre entendem que reações químicas envolvem a formação de novas substâncias (produtos) a partir do consumo de substâncias presentes no sistema inicial (reagentes). A dificuldade aumenta para a compreensão do modelo atômico molecular, que considera a ocorrência de um rearranjo dos átomos presentes nos reagentes para formar novos agregados atômicos que compõem os produtos (NERY *et al.*, 2006)

Mortimer (1995) destaca ainda que, muitas vezes, a transformação é vista como uma “vontade” da substância. Mesmo quando o estudante reconhece que a causa da transformação pode ser atribuída à interação entre substâncias reagentes, ele costuma atribuir diferentes níveis de importância aos reagentes.

Desse modo, diversas reações químicas são frequentemente causadas, na opinião dos alunos, por um agente ativo que atua sobre um agente passivo. É importante assinalar que essa ideia pode estar relacionada ao modo como é realizada a transposição didática do conceito de reação, pelo professor, ou mesmo como os livros didáticos se referem a essas transformações, isto é, que tipos de analogias e aproximações são utilizados ao se discutir o conceito de reação química (ATKINS, 1998).

Isto acontece porque o conceito de reação química é um conceito articulador que incorpora tanto mudanças no nível macroscópico quanto no nível microscópico e reúne potencial para interligar diferentes conceitos através do nível simbólico. Muitas das dificuldades para a compreensão do conceito de reação química podem estar relacionadas à desarticulação atribuída a tal conceito, como também em decorrência do nível de abstração de alguns conceitos relacionados.

Galagovsky *et. al.* (2003) em sua pesquisa, faz alguns questionamentos, depois de ter trabalhado o conceito de mistura. A primeira pergunta foi se é possível produzir uma reação química entre enxofre e ferro? Por quê? Dos alunos entrevistados 83% das respostas foram negativas. Apenas 17% dos alunos relacionados à questão utilizaram os conhecimentos prévios sobre ligações químicas e hipóteses emitidas sobre a possibilidade de ocorrência de um fenômeno químico, mas não mencionaram qualquer condição para que isso aconteça.

A segunda pergunta: Como procederiam para verificar a reação entre o ferro e o enxofre? Mesmo assegurando que não seriam possíveis, os alunos ainda insistiram em triturar ainda mais e passaram a moer a mistura no almofariz, e mais uma vez concluíram não ser possível à reação. Somente a partir dessa etapa foi indicado aos grupos o procedimento do aquecimento.

A terceira pergunta na pesquisa de Galagovsky *et. al.* (2003) era para os alunos caracterizar e fundamentar o fenômeno ocorrido (reação ente o ferro e enxofre). Para o grupo A, 94% dos alunos responderam à pergunta caracterizando o fenômeno como a produção de uma reação química de uma nova substância. “Então, suas respostas basearam-se no visual, isto é, na mudança na macroscópica”. Para o grupo B, 26 % dos alunos responderam fazendo referência a teoria das colisões que havia sido mencionada pelo professor durante a demonstração, 40% justificou pelas ligações químicas, 28% utilizaram incorretamente a palavra exotérmica e 2% fizeram a correspondência entre fusão e reação química. A tabela 03 a seguir apresenta as respostas do grupo B.

Tabela 03 – Respostas da pesquisa de Galagovsky para os alunos grupo B

CARACTERIZAÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO	PORCENTAGEM
Reação química porque houve choques efetivos com energia suficiente	26%
Reação química; Ligação química; mudança de substância	29%
Ligação iônica porque se une um metal com um não metal	11%
Reação exotérmica porque necessita de energia para mudar o sistema	28%
Sistema químico homogêneo devido ao aquecimento do enxofre e o ferro se forma uma substância somente.	2%
Não respondeu	4%

Fonte: Galagovsky *et al.* (2003)

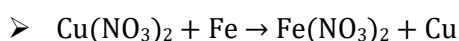
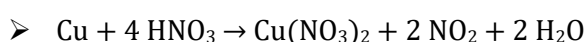
Para Nery *et al.* (2006) é fato que as definições diretas não bastam, dadas as dificuldades apresentadas pelos estudantes. A representação da reação eleva o problema a um segundo nível de dificuldade. Sendo assim, as equações químicas têm muito menor significado para os estudantes de Química do que para os químicos, mas é importante considerar que, para entender

o conceito de reação química, os alunos precisam diferenciar conceitos, tais como os de elemento, substância, mistura, átomo e molécula. Eles precisam entender uma reação química como um processo em que novas substâncias são formadas, concomitantemente ao consumo das substâncias iniciais. Buscam-se processos de significação conceitual que contemplem a exploração de fenômenos pela análise de evidências sobre as propriedades dos sistemas inicial e final e a constatação das diferenças.

Numa pesquisa realizada como estudo exploratório para nossa pesquisa (NÚÑEZ, UEHARA, 2012) verificamos a necessidade de que os estudantes consigam estabelecer relações do tipo causa-efeito, relacionando os níveis macro e microscópicos, articulando fenômeno e essência, necessário para ensinar os estudantes a explicar os fenômenos e processos nas aulas de Química.

Essa dificuldade na interpretação/explicação de uma transformação química se depara em problemas decorrentes de vários aspectos discutidos em pesquisas que se desenvolvem no decorrer da formação acadêmica do estudante.

Solsona e Izquierdo (1998) realizaram uma extensa pesquisa sobre o conceito de reação química, em três anos, com um grupo de 51 meninos e meninas no Instituto de Barcelona. Durante a investigação em contexto escolar, vários instrumentos foram utilizados, incluindo a tomada de redação de um questionário sobre a aplicação de um experimento (SOLSONA, IZQUIERDO, 1998). A entrevista foi aplicada 1 ano depois do experimento. O experimento, chamado ciclo de Cu está representado nas reações a seguir.



A primeira conclusão da pesquisa é que o uso das explicações causais não depende de um modelo teórico que o aluno tem de reação química. Dois alunos com modelos diferentes Ainhoa que tem modelo incoerente e Santi que apresentou um modelo interativo tiveram explicações semelhantes, não se observando um comportamento homogêneo no uso da casualidade, em cada modelo concreto (SONSONA *et. al.*, 2000)

Furió e Furió (2000) explicam que o raciocínio do senso comum "aparece" quando o argumento utilizado na explicação de um fenômeno é complexo e precisa estabelecer uma sucessão de várias proposições em cadeia para chegar a uma conclusão lógica. Sua pesquisa detectou que é frequentemente os argumentos serem utilizados numa sequência linear, com base na análise de continuidade temporal ou espacial feito passo a passo (causa-efeito) quando,

muitas vezes, requer análise holística do que se passa ao longo do sistema (argumentos sistêmicos).

Mortimer e Miranda (1995) afirmam que mesmo quando o estudante reconhece que a causa da transformação pode ser atribuída a interações entre as substâncias reagentes, ele pode atribuir diferentes *status* aos reagentes.

Os autores afirmam que para muitos alunos as transformações são frequentemente causadas por um agente ativo que atua sobre um objeto passivo. Assim, na reação entre zinco e ácido clorídrico, o ácido é visto como o agente ativo, aquele que “ataca o metal”, enquanto o zinco é o agente passivo que é “atacado pelo ácido”. É importante assinalar que essa ideia pode ter sua origem na forma como professores e livros didáticos se referem a essas transformações. É necessário o cuidado com a linguagem para descrever processos químicos, pois se pode estar, inconscientemente, ocultando o fato de que todos os reagentes têm o mesmo *status* numa transformação química, e que esta é o resultado da interação entre os reagentes, não da ação de um, ativo, sobre o outro, passivo (MORTIMER, MIRANDA, 1995).

Sansona *et al.* (2000) apresenta em sua pesquisa que durou três anos e, cujo objetivos era analisar respostas de alunos sobre a explicação de uma transformação química, evidenciando os resultados sobre o uso de explicações causais independentes dos modelos elaborados sobre transformação química e a importância dessas implicações para o ensino e aprendizagem desse tema. A pesquisa apresenta como principal resultado o tipo de raciocínio que espontaneamente é utilizado pela maioria dos alunos investigados. Na análise das produções dos alunos, foi observada a facilidade com que os alunos utilizam diferentes tipos de explicações para o mesmo fenômeno de maneira simultânea.

Para os autores o problema aparece quando deve-se introduzir um fato novo que requer um novo modelo como no caso de uma reação química, pois é difícil capturar a similaridade entre ele e os outros fenômenos interpretados implicitamente mediante um modelo (mudança de estado físico) ou simplesmente considera-lo um fenômeno “natural”. Nesta situação, o importante é interpretar o fenômeno, quando isso é feito, o fenômeno adquire as características do modelo e pode operar como uma analogia para explicar o fenômeno desconhecido como sendo do mesmo tipo.

Essa ausência de limites entre o observável (fenomenológico) e o nível explicativo ou interpretativo (nível atômico-molecular) relaciona-se às dificuldades dos (as) alunos (as) em compreender o papel dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e as ausências na construção de outros conceitos fundamentais do conhecimento químico, como por exemplo o

de *substância* (ROSA, SCHNETZLER, 1998). Sendo o conceito de substância, um conceito base para o entendimento de transformação química.

Filho e Celestino (2010) apresentam na sua pesquisa em que um momento pedagógico, iniciou-se uma atividade com leitura e discussão de um texto sobre a queima e combustão, a partir das representações sociais, com o intuito de introduzir a história científica, contextualizar e familiarizar os estudantes com o tema da aula, reação química. Neste momento pedagógico, os autores solicitaram que os estudantes exemplificassem as reações químicas que ocorrem no dia-a-dia, o resultado foi que apesar de todas as dificuldades nas respostas escritas, foram citadas a ferrugem, a queima da madeira, a adição do comprimido efervescente na água, queima do papel, explosão e o ato de acender um fósforo, como reações químicas, pois eram fenômenos em que visualmente se verificavam as transformações.

Hesse e Anderson (1992) estudaram as concepções dos estudantes no estudo de reações químicas. Em suas pesquisas aplicaram testes escritos a 100 estudantes do Ensino Médio, que já haviam estudado o assunto. Desse total de estudantes, 11 foram separados para representar os diferentes níveis de acertos no teste e dentre estes, 3 foram escolhidos para estudo de caso.

Os textos utilizados na pesquisa apresentavam o enferrujamento de um ferro, a oxidação do cobre metálico usando bico de Bunsen e a queima de um pedaço de madeira. Os resultados indicam que os estudantes apresentam dificuldade em relação às reações químicas em três diferentes níveis epistemológicos: o conhecimento químico, os raciocínios de conservação e as ideias explicativas.

Ao conhecimento químico, o maior obstáculo para cinco estudantes era relativo a natureza dos reagentes e produtos, substituindo as substâncias por materiais do seu dia-a-dia e energia nas suas explicações sobre reações. Apenas um estudante conseguiu na sua explicação passar do nível fenomenológico para o nível atômico-molecular. O restante do grupo se liga nas explicações a aspectos visuais das mudanças e raramente faz referência à sua composição atômica. No raciocínio de conservação da massa, quatro estudantes ignoram a existência quanto a natureza material de produtos e reagentes gasosos. Outros generalizam as ideias tratando, por exemplo, a ferrugem como um tipo de “mudança de estado do ferro” (HESSE, ANDERSON, 1992).

Assim, as idéias que os alunos têm sobre as condições em que ocorre uma reação química, a dificuldade para aprender esse conceito, seu processo e sua interpretação conceitual são baseadas principalmente nas aulas. Então uma apresentação inadequada dos conceitos a apresentação misturando fatos químicos com ideias soltas, através da utilização de uma metodologia de superficialidade pelos alunos (e professores), terão conceitos adquiridos ligados

sua estrutura cognitiva equivocada e sem firmeza, razão da existência de confusão na interpretação para qualquer processo químico por mais elementar que ele seja.

## **2.2. Dificuldades relacionadas aos aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos das reações químicas.**

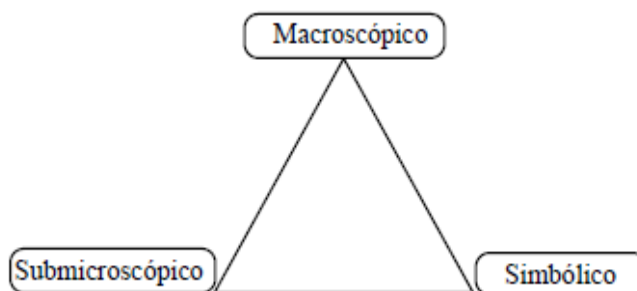
Uma das às principais dificuldades encontradas no campo da aprendizagem em Química esta em compreender e interpretar o complexo mundo das transformações químicas, observando os fenômenos macroscópicos e /ou microscópicos e o simbólico. A dificuldade em relacionar os dois níveis de interpretação da matéria, se apresenta como uma dificuldade na aprendizagem em nível médio e em nível universitário.

Autores como Mortimer e Miranda (1995); Kozma e Russel (1997); Wu *et. al.* (2001); Jensen (1998); Echeverría (1993, 1996); Furió e Furió (2000); Gabel (1998) e Kermen e Méheut (2009) acreditam que as possíveis dificuldades e erros cometidos por alunos, no estudo das reações químicas, se justificam a partir das dificuldades que os alunos possuem para transitar pelos níveis macroscópico, microscópico e simbólico. Em geral, as explicações das transformações químicas concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico, e a transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico dificultando a construção de modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos. Esse panorama conduz o aluno a manter a concepção de reação num nível fenomenológico ou com dificuldade de relacionar este nível com o nível atômico-molecular (MORTIMER, MIRANDA, 1995).

Investigações nos revelam, por exemplo, que os alunos compreendem as transformações químicas como justaposição de substâncias e não como interação de partículas que as constituem; que, no equilíbrio, as concentrações de reagentes e produtos precisam ser iguais; e que uma barra de metal dilata porque seus átomos dilatam, já que os estudantes tendem a associar propriedades macroscópicas a entidades microscópicas (SCHNETZLER, 2004).

Alex Johnstone (1982) destacando diferentes níveis de pensamento e de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química, em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*”, ainda é muito utilizado e propagado pelos pesquisadores em educação Química.

Figura 03 – Os três componentes básicos da “nova Química”



Fonte: Adaptado de Johnstone (1993, 2000)

Johnstone (2000) argumenta que grande parte das dificuldades da aprendizagem em Química se deve ao fato de que, o processo de ensino e aprendizagem, se dá quase que exclusivamente em apenas um dos vértices do triângulo (macroscópico e simbólico), deixando de lado aspectos mais estruturais (correspondente ao vértice do submicroscópico) privando o aluno da sua capacidade de modelagem.

Existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, pois dificilmente possuem competências ou de recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso do nível submicroscópico.

Pozo e Gómez (2009) chamam a atenção para as dificuldades dos alunos relacionadas às noções de conservação da matéria que são interpretadas baseadas em estruturas simplificadoras, ou seja, em vez de explicar as propriedades do mundo macroscópico a partir do funcionamento das partículas em termos de interação dentro de um sistema, demonstram a incompreensão de três noções fundamentais que se chocam com as teorias alternativas muito consistentes baseadas na aparência observável da matéria: o movimento intrínseco das partículas que constituem a matéria, o mecanismo envolvido nas mudanças químicas e a ideia de vazio

Amparado na psicologia de Ausubel, Johnstone (1982, 1993) defende a ideia de que no processo de ensino e aprendizagem em Química o aluno deverá se mover no interior do triângulo lidando com os três componentes da Química representados nos três vértices do triângulo. De acordo com esse modelo, uma transformação química pode ser explicada em cada um dos três componentes. No nível macroscópico, como descrição da situação empírica, no nível submicroscópico pode explicá-la pelo modelo de partículas e no nível simbólico, representa-se a transformação química por fórmulas e equações.

Essa nova estrutura procura apontar algumas saídas para os problemas enfrentados em explicitar quais dos níveis são realmente representações.

Caamaño (2007) apresenta o quadro 01 indicando os níveis da representação da matéria. Ele indica que os alunos apresentam dificuldade em transitar no nível macroscópico e microscópico, assim como compreender a teoria cinético-corpúscular e a teoria atômico molecular como indica as setas representadas no quadro 01.

Quadro 01 – Níveis da matéria.

NÍVEIS MACROSCÓPICOS	NÍVEIS MICROSCÓPICOS	
	Nível multiatômico	Nível atômico
Estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso. →	Estruturas: Multiatômicas, Multimoleculares e Multiiônicas	Moléculas e íons
Estado físico da substância simples ou do composto ←	↑ Teoria Cinético-Corpúscular	↑ Teoria Atômico-Molecular

Fonte: Caamaño (2007)

O autor cita ainda um nível intermediário multiatômico, multimolecular, ou multiiônico, que relaciona o nível atômico com o macroscópico e um subnível atômico quando abordamos a estrutura interna do átomo. O estudante deve mover-se entre esses níveis com o uso da linguagem que nem sempre diferencia de forma explícita o nível em que se encontra.

Essa extrapolação em que os alunos fazem do nível macroscópico (fenomenológico) para o microscópico (teórico, conceitual) foi também constatada por De Vos e Verdonk (1985). Muitas vezes, cria-se a impressão de que há dois mundos separados: o da observação da transformação e o da representação da mesma, sendo que, para o aluno, não há interligação entre eles (NERY *et. al.*, 2006).

Resultados semelhantes encontrados nas pesquisas de Gabel (1998); Ben-Zvi, Eylon, e Silberstein (1986, 1987, 1988) e Griffiths e Preston, (1992). Em outras palavras, o que se aplica ao macro também se aplica ao micro, concluem os autores.

Gabel (1993) justifica as dificuldades encontradas em sua pesquisa pela ênfase no plano simbólico (utilização de gráficos, fórmulas e diagramas) e na resolução de problemas com algoritmos. Estudos também apontam para o fato de estudantes de ensino médio e superior apresentar dificuldade para compreender fenômenos e transformações químicas em termos do modelo de partículas atualmente aceito (GARNET *et. al.*, 1995).

Em um estudo recente sobre os três níveis de representação em Química, Talanquer (2011) faz uma análise acerca das suposições subjacentes às ideias de Johnstone (1982), mostrando que foi tema de vários trabalhos de pesquisa no ensino de Química, além de servirem como fundamento em reformulações curriculares e propõe uma nova estrutura de organização do

conteúdo para melhor situar a questão dos níveis de representação em Química, ou seja, uma interpretação pedagógica da natureza e estrutura do conhecimento químico.

Em pesquisa desenvolvida na Argentina com 79 alunos entre 15 e 17 anos que já haviam estudados os conteúdos necessários para responderem corretamente os questionamentos feitos por Raviolo (2005), o pesquisador procura conhecer as dificuldades dos alunos de se relacionar os diferentes níveis de representação (1) nível sensorial ou perceptivo (*nível macroscópico*), (2) nível partículas: átomos, moléculas ou íons (*nível microscópico ou submicroscópico*) e (3) nível símbolos: símbolos; fórmulas e equações (*nível simbólico*) ao tentar explicar uma reação química. Para esse intento foram solicitadas aos alunos avaliar a veracidade de uma série de 8 proposições sobre as características de uma reação química. Na primeira conjectura “Em uma reação química sempre ocorre com rearranjo dos átomos”, apenas 57% concordam com a ideia de a reação química ocorrer com um rearranjo de átomos.

Na pesquisa feita por Aragão e Coll (1991), após o processo de ensino, somente 49% dos (as) alunos (as) investigados definiram transformação química como uma transformação onde há formação de novo (s) material (is), enquanto 20% continuaram presos (as) à concepção de mistura. Esses resultados foram atribuídos à ausência de diferenciação clara entre *transformação química* e *mistura* no processo de ensino-aprendizagem investigado. A segunda afirmação "Massa é conservada, antes e depois da reação, em um recipiente fechado" teve uma concordância apenas de 38% dos estudantes. Resultados semelhantes aos apresentados na pesquisa de Hesse e Andersson (1992) com 11 estudantes dentre esses somente um estudante conseguiu passar do nível fenomenológico para o nível atômico-molecular nas explicações de reações de oxidações de ferro e de cobre. O restante do grupo apresenta nas explicações aspectos visuais das mudanças e raramente fazem referência à sua composição atomística. No raciocínio de conservação da massa, quatro estudantes ignoram a existência quanto a natureza material de produtos e reagentes gasosos. E a última afirmação foi; "numa reação química sempre ocorre uma mudança observável" (liberação de um gás, mudança de cor, a produção de um precipitado, etc).

Na pesquisa de Raviolo (2005), apenas 27% assume-se como falsa a afirmação, isso porque os alunos observam as mudanças macroscópicas observáveis. Raviolo (2005) conclui que esta dificuldade em reconhecer uma variedade de reações químicas ocorre porque os alunos possuem o conceito de transformação química como aquele que ocorre modificação das substâncias, mas a maior dificuldade está em conhecer e compreender o que é uma substância, como ela se transforma ou não.

A segunda proposição na pesquisa de Raviolo (2005) partia de uma segunda atividade onde os alunos deveriam identificar os processos químicos em uma lista de transformações diárias.

Uma delas seria: “soluções como água e açúcar dissolvido”. As maiores dificuldades surgiram com essa questão, pois muitos ficaram em dúvida. Houve somente 59% de acerto.

Uma das perguntas feitas segundo aspectos quantitativo e macroscópico das soluções (cálculos de solubilidade, construção de gráficos e tabelas, cálculos de concentrações, descrição macroscópica das dispersões) na pesquisa de Echeverría (1996) foi sobre as possíveis mudanças que aconteceriam com o sal (NaCl) e com a água (H<sub>2</sub>O) na dissolução do sal. Muitas das respostas afirmaram que a dissolução tinha ocorrido *na água*, não admitiu que o fenômeno era causado pela interação entre as duas substâncias. Alguns professores chegaram a afirmar que a água não era importante nesse processo. Nenhum entrevistado referiu-se à solvatação de íons, o que comprova a ausência de uma compreensão microscópica da dissolução, talvez em função das aulas descritivas.

A afirmação relativa à água ocupar uma posição secundária na dissolução também foi observado por Cachapuz e Martins (1988), que apesar de os alunos evidenciarem saber que “o sal se dissocia em íons na água”, os dados indicam que eles atribuem à água um papel secundário.

Não sucedeu o mesmo com o açúcar. Os alunos tiveram dificuldades na explicação microscópica, tanto de um fenômeno como do outro, porque o processo da dissolução não foi tratado microscopicamente em sala de aula: não foi ensinada a interação entre as partículas dos componentes de uma solução. Se o ensino de soluções priorizou os aspectos quantitativo e macroscópico, era de se esperar que os alunos não entendessem, por exemplo, “o papel da água na dissolução”.

A terceira proposição na pesquisa de Raviolo (2005) seria traduzir uma reação química expressa em níveis macroscópicos, a níveis simbólicos e microscópicos. Os alunos não obtiveram sucesso na atividade. Demonstraram que a aprendizagem de representações microscópica e simbólica é especialmente difícil para os alunos porque estas representações são invisíveis e abstratas, enquanto a compreensão da química depende muito da parte sensorial da informação.

Herrera (2012) na sua análise afirma que a dependência que os alunos apresentam dos modelos da continuidade da matéria é o que os leva a pensar sobre as reações químicas da mesma forma. Assim, são atribuídas às partículas, as propriedades macroscópicas das

substâncias. Por exemplo, uma partícula de sulfato de cobre seria azul, um átomo de chumbo seria condutor de corrente elétrica e assim por diante.

A última proposição de combustão proposta por Raviolo (2005) foi a queima do magnésio. Assim a atividade solicitava que os alunos respondessem as seguintes perguntas: a) Escreva a equação química balanceada (os símbolos químicos), correspondendo a este processo e b) Represente a reação por diagramas de partículas.

Poucos estudantes obtiveram sucesso para representar a reação química. Muitos que recorreriam, sem sucesso a conceitos complexos como o número oxidação, para formular os compostos. Também constatou que muitos não distinguiam claramente a diferença entre átomo e molécula.

As pesquisas apresentam um consenso ao afirmar que a manifestação de concepções de alunos (as) onde não se verifica uma visão cientificamente aceita torna-se acentuada quando nas salas de aula não existir reflexões e discussões sobre ciência, dando ênfase a visão empirista do conhecimento e à falta de relacionamento explícito entre os níveis micro e macroscópico do conhecimento químico. Neste caso, não são destacadas as relações existentes entre teorias (modelos) que tentam explicar a natureza da matéria e ocorrência dos fenômenos observáveis. Alguns autores têm interpretado estas dificuldades de aprendizagem como oriundas da natureza particulada, abstrata e não observável da química, e da necessidade de rápida transferência entre os três níveis de representação (JOHNSTONE, 1991; GABEL *et. al.*, 1992).

Esse fato também foi constatado por pesquisadores como Lopes (1992); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schnetzler (1998); Vicente Talanquer (2006); Johnstone (1982, 1993, 2000); Ribeiro (2008); Nardin, Salgado e Del Pino (2005); Furió e Furió (2000); Carbonell e Furió (1987) e Pozo e Gómez (2009).

Nardin, Salgado e Del Pino (2005) relatam a respeito da dificuldade de que os estudantes possuem em entender o conceito de reação química. Eles acreditam que tal dificuldade decorre da apresentação tradicional do conceito, que é feita através de uma abordagem mecânica, levando a uma aprendizagem memorística que dificulta a articulação entre os níveis macro, micro e simbólico.

Nas conservações que envolvam mais de uma substância como as reações químicas autores como Gómez *et al.*, (1995) afirmam que essa dificuldade de compreensão é comprovada em qualquer nível de educação, isto é, Ensino Médio ou no graduando em Química, pois confundem os níveis macroscópicos com os microscópicos, atribuindo às partículas as mesmas propriedades que, de fato, correspondem ao nível macroscópico ou aparente, ocorrendo uma predominância do que é observável sobre o que não é observável.

Por isso, Nakhleh (1992) afirma: “se o (a) aluno (a) não souber como explicar a química utilizando-se de ferramentas ideacionais no nível microscópico, ele (a) efetivamente não aprendeu química”. Considerando tal assertiva e considerando toda revisão bibliográfica das dificuldades conceituais sobre transformação química, podemos perceber o quanto estas se encontram distantes da citação acima.

### 2.2.1. A linguagem simbólica como obstáculo na aprendizagem

Aprender ciências para Sanmartí (2007) supõe apropriar-se da linguagem da ciência, que leva a novas formas de ver, pensar e falar sobre os fatos e fenômenos da natureza, diferente das formas cotidianas de ver, pensar e falar, tudo o que facilita o acesso à cultura científica. Para a autora, ensinar a falar e escrever ciências devem ser um dos objetivos prioritários das aulas de ciências, para que os estudantes possam aceder a essa forma de conhecimento e a essa parte importante da cultura universal, que é a ciência.

Assim aprender ciências é entre outras coisas aprender a falar e conhecer a linguagem das ciências, e nessa linha de pensamento as explicações constituem uma parte fundamental para o entendimento das ciências.

Na pesquisa desenvolvida por Filho e Celestino (2010), com alunos do 1º ano do Ensino Médio, os resultados indicam que, no primeiro momento pedagógico, foram identificados conflitos e conceitos alternativos, tais como confusão entre os termos mistura e reação, diluir e dissolver, dificuldade em diferenciar transformações química e física, compreensão do conceito de solução limitado a sólido-líquido e classificação de mistura com base apenas em fases. Foi demonstrada a inexistência da visão microscópica de solução. Mas no registro escrito as explicações tiveram caráter empírico, como por exemplos: “reação química é reagir, contra alguma coisa”, “queimar um pedaço de papel”, “é a mistura de coisas químicas diferentes”, “lavar uma panela com sabão já é uma reação”, “diluir um comprimido efervescente em água”. Ao mesmo tempo, tais resultados mostram que os estudantes não possuíam um conhecimento prévio consolidado, mas, sim lacunas conceituais, o que fez os estudantes explicarem o fenômeno de reação química apenas em suas observações.

Segundo Núñez (2012), a escola tradicional não tem dado a devida atenção aos processos de ensino e de aprendizagem, de procedimentos, como descrever, compreender, explicar e interpretar, na sala de aula, desconsiderando que estes devem ser entendidos, aprendidos e ensinados como parte dos conteúdos das Ciências.

A linguagem científica é uma ferramenta para testar ideias, para a imaginação de modelos, para a interpretação de situações. Todavia, a linguagem é um instrumento primordial

no processo de internalização da atividade e nos mecanismos de aprendizagem por compreensão (NÚÑEZ, RAMALHO, 2004). Porém, ao utilizar a linguagem científica, se o aluno não conseguir abstrair os requisitos necessários e suficientes que se inserem em uma definição de um determinado conceito, não poderá aplicá-los de maneira consciente na sua realidade (NÚÑEZ, 2009). O professor deve ter cuidado com a própria linguagem utilizada em sala de aula, pois os alunos podem ter interpretação baseada no conhecimento cotidiano e ficarem confusos. Para exemplificar alguns autores atribuem erros de interpretação dos alunos, ao próprio discurso do professor ou do material didático ao utilizar determinada linguagem que privilegia o papel de um dos reagentes na transformação química (diz-se, por exemplo, muitas vezes, "o ácido dissolve o metal"). Os próprios manuais escolares veiculam esta ideia quando referem, por exemplo, "soluções ácidas... são capazes de corroer alguns metais" (VIEGAS, 1994, p. 244) ou "os ácidos ... atacam o calcário... " (MACIEL, MIRANDA, 1994, p. 225).

Assim podemos concluir que a linguagem científica e a comunicação são parte substancial do trabalho científico. A Química, como disciplina científica, tem seus padrões temáticos e modelos, sua linguagem, assim como seu padrão estrutural e para uma aprendizagem significativa é necessário o domínio dessa linguagem.

Os dados, os resultados dos experimentos, e das situações problema, devem ser interpretados, ou seja, descritos, explicados, antes de serem considerados como fatos pela comunidade científica. Mas aprender Química não é somente dominar a sua linguagem e seus procedimentos, são necessários dominar a lógica e os procedimentos de aprendizagem, sabendo procurar e incorporar a informação interpreta-la, traduzindo-a de um código ou formato a outro, entendendo seu significado e sua estrutura, sendo capaz de compreender e de fornecer uma explicação compreensível (POZO, CRESPO, 2009).

A aprendizagem de conceitos que uma pessoa adquire de um determinado conhecimento acontece a partir do momento em que ela é capaz de dotar o significado de um material ou informação que lhe é apresentado, isto é, quando se compreende esse material, podendo a partir disso, traduzi-lo para suas palavras. Desse modo, o aluno só aprende de forma real quando é capaz de trazer o conhecimento para sua própria realidade (COLL, 1998).

Segundo El-Hani e Bizzo (2007), a aprendizagem de conceitos científicos consiste na aprendizagem de uma segunda linguagem, ou seja, é um processo de alfabetização em que o indivíduo deve aprender a pensar, falar, ler e escrever em uma ou outra linguagem que traz com ela uma maneira particular de ver o mundo.

Compreender Ciência envolve um conhecimento da linguagem científica, o que implica saber, não só o seu vocabulário específico, mas também o seu processo de pensamento e os seus modos peculiares de discurso.

Segundo Lemke (1997), para que a aprendizagem das ciências tenha lugar em sala de aula, é necessário que os alunos disponham de conhecimentos sobre o tema, mas também sobre os gêneros da linguagem científica. Para o autor, a linguagem científica fornece a forma de se organizar o raciocínio.

### 2.2.2. Dificuldades com a linguagem química

Para Vygotsky (1999), a formação do conceito científico começa por uma definição verbal, pelos atributos essenciais, e sua aplicação alcança a variedade de objetos da realidade que representa, facilitando ao aluno adquirir clara consciência do conceito mediante sua aplicação (...) as relações sociais são convertidas em funções psicológicas superiores através da mediação simbólica. Essa mediação inclui a utilização de instrumentos e signos, construídos e internalizados no ambiente sócio histórico levando o indivíduo ao desenvolvimento cognitivo.

Portanto para aprender a linguagem da Química implica que os textos produzidos – ou seja, o que os alunos dizem – tenham sentido para a Ciência. Dessa forma, a aprendizagem da Química não se separa das formas diversas nem da estrutura (semântica e sintaxe) da linguagem dessa área de conhecimento.

Para Jiménez (2003) o grande número de termos que causam confusão entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana, como “trabalho, massa, energia, força, respiração, substância pura, etc”. Acaba por dificultar o entendimento da disciplina. Muitos docentes ao fazer uso dos termos não orientam seus alunos adequadamente quanto aos diferentes significados de cada termo para as diferentes situações.

O ensino de ciências deve permitir um processo de enculturação científica, isto é, temos de levar os alunos a entender e a participar da cultura científica fazendo com que eles pratiquem seus valores, suas regras e principalmente as diversas linguagens das ciências (NÚÑEZ, UEHARA, 2012).

As Ciências Naturais – e a Química, em particular – utilizam extensivamente os modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que o aluno desenvolva competências e habilidades adequadas para utilizar tal linguagem, tornando-se capaz de entender e empregar, a partir das informações fornecidas, a representação simbólica das transformações químicas (BRASIL, 2002a).

A química como ciência utiliza uma linguagem própria, assim para o conteúdo de transformações químicas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que os alunos desenvolvam competências adequadas para reconhecer e saber utilizar tal linguagem, sendo capazes de entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das reações químicas. Essa eficácia no uso da linguagem química geralmente é relegada a um plano secundário no ensino tradicional. São utilizados algoritmos e regras de memorização que não desenvolvem essas habilidades (MORTIMER, 1996).

Não obstante essas dificuldades, durante o processo de ensino-aprendizagem da Química onde os diferentes níveis de representação acabam sendo utilizados inadvertidamente pelos professores que, nem sempre em sala de aula, explicitam aos alunos os momentos de alternância entre os níveis. Pesquisas recentes revelam que, como consequência, os estudantes consideram, por exemplo, que uma substância ácida é “a partícula” ácida (FURIÓ-MÁS *et. al.*, 2005). Nesse sentido, é proveitoso mostrar aos alunos os limites das representações – levando-os à consciência de que elas se tratam de usos particulares da linguagem. O uso de representações em ensino de Ciências Naturais também vem sendo investigado por nosso grupo de pesquisa, como é possível verificar nos trabalhos publicados por Lima e Núñez (2004a; 2004b; 2005) e Lima (2006; 2007).

A Química é considerada por vários autores (GALAGOVSKY *et al.*, 2003, 2008; GALAGOVSKY, 2007; GONZALEZ, 2006; JOHNSTONE, 1982, 1991, 1993, 2000, 2006; JIMOH, 2005; CHILDS, SHEELAND, 2009; LAUGIER, DUMON, 2004) como uma disciplina que se expressa através de um complexo conjunto de linguagens como verbal, gráficos e fórmulas, assim proporcionando aos alunos certas dificuldades ao descrever e explicar os fenômenos.

Segundo alguns autores, as dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas à distinção em relação à linguagem comum, à especificidade quase hermética da primeira e, possivelmente, às dificuldades em se construir as necessárias relações entre os entes químicos do mundo microscópico e os do macroscópico (MORTIMER, 1998; CHASSOT, 2003; ROQUE, SILVA, 2008).

Lima e Recena (2006) concluíram que uma das dificuldades dos discentes com relação às transformações químicas está na transposição do nível microscópico para o nível simbólico. Ou seja, os alunos possuem limitações no que diz respeito a converter o que ocorre no íntimo da matéria em uma linguagem da equação química.

Ainda nesse contexto, merecem atenção as dificuldades associadas ao entendimento da representação de reações por meio de equações químicas. Representação simbólica, a equação

química relaciona as observações macroscópicas que descrevem a transformação da matéria às mudanças que ocorrem em termos de átomos e moléculas; o entendimento de tal relação requer, por parte dos estudantes, um alto grau de abstração (LAUGIER, DUMON, 2004).

Para Núñez (2011), a linguagem científica proporciona ao ensino um conjunto de signos, símbolos e regras que permitem criar e ler o conteúdo da aprendizagem. A linguagem da Química propõe, através de modelos – representados por equações, fórmulas estruturais, gráficos e figuras, entre outros –, o mundo como é compreendido pelo químico. Para o estudo, e conseqüentemente para a aprendizagem da ciência química, é indispensável aprender-se a linguagem dessa ciência. Segundo alguns autores, as dificuldades de aprendizagem da linguagem da química estão associadas à distinção em relação à linguagem comum, à especificidade quase hermética da primeira e, possivelmente, às dificuldades em se construir as necessárias relações entre os entes químicos do mundo microscópico e os do macroscópico (MORTIMER, 1998; CHASSOT, 2003; ROQUE, SILVA, 2008).

### 2.2.3. Dificuldades em trabalhar com transformações semióticas no estudo das reações químicas

Ao considerar o estudo das reações químicas, é necessário compreender e interpretar as representações internas dessa transformação que é feita através de uma equação química utilizando as fórmulas, os símbolos, convenções e códigos. É indispensável que os alunos desenvolvam competências adequadas para saber utilizar tal linguagem, sendo capazes de entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das reações químicas, pois quando o aluno não se apropria dessa linguagem e do significado das várias representações, tende a apresentar dificuldade para o estabelecimento de relações nas representações internas e nas externas.

Trabalhar as representações em Química também consiste em dificuldades para os estudantes de qualquer nível, médio ou superior ao passo que a transição entre os tipos de representação perpassa pela elaboração de uma representação de um registro dado. Nesse processo, seleciona-se um conjunto de caracteres ou signos dentro de um sistema semiótico, para representar as características principais de um objeto. Em Química, essa atividade inclui: atribuição de nomes às substâncias, construção das fórmulas estruturais das substâncias e codificação de relações ou propriedades de uma transformação química (reação química) (NÚÑEZ, UEHARA, PEREIRA, 2009).

No Ensino Médio, muitas vezes essas representações estruturais simbólicas são apresentadas sem a explicação necessária para sua construção e sua compreensão (ROQUE, SILVA, 2008).

Para Duval (1999), uma das grandes dificuldades na aprendizagem da Matemática (linguagem das ciências) reside na capacidade dos alunos de reconhecer e executar mudanças de registros semióticos, identificando que umas dessas mudanças de registro são mais complexas que outras. Duval (2003) afirma que as dificuldades encontradas pelos estudantes podem ser descritas e explicadas como uma falta de coordenação de registros de representações.

O tratamento da representação é uma atividade necessária no processo de responder a perguntas e solucionar problemas em Química e é orientada para ampliar a informação e a representação de um objeto dentro de um mesmo sistema semiótico.

Quando o aluno não se apropria dessa linguagem e do significado das várias representações, tende a apresentar dificuldade para o estabelecimento de relações nas representações internas e nas externas. No Ensino Médio, muitas vezes essas representações estruturais simbólicas são apresentadas sem a explicação necessária para sua construção e sua compreensão (ROQUE, SILVA, 2008).

Núñez *et. al.* (2011), analisou as provas aplicadas nos processos seletivos de 1997 a 2009, totalizando 13 concursos de vestibulares, o que corresponde a 26 provas – 13 objetivas e 13 discursivas –, perfazendo um total de 275 perguntas. A conversão que mais se exige nas provas, no que diz respeito a essa habilidade, de modo geral, é a transformação de enunciado para equação química (24,7%). Esse resultado pode estar relacionado com uma habilidade básica da Química: escrever a equação de reações químicas. Não obstante, segundo relatórios parciais da Comissão Permanente de Vestibulares – COMPERVE (UFRN) –, os estudantes têm mostrado um baixo desenvolvimento dessa habilidade.

García e Palácios (2006) ressaltam o fato de alguns autores fazerem referência às dificuldades apresentadas por alunos no trabalho com representações semióticas na aprendizagem de Química. São elas:

- Não compreenderem a natureza mediática e metafórica das representações semióticas;
- Ao analisarem várias representações, centrarem-se em apenas uma delas (a mais familiar e concreta) e em suas características superficiais (não nas mais relevantes);
- Igualmente, ao usarem diferentes representações, não conseguem coordená-las e integrá-las.

Autores como Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001) destacam as dificuldades que os alunos têm para compreender a natureza mediática e metafórica das representações semióticas. Por sua vez, outros estudos têm mostrado a preferência dos alunos por analisar as representações que lhes são familiares, orientando-se por traços não essenciais, o que é típico de um pensamento empírico classificatório.

A importância de se usar diferentes representações na aprendizagem das ciências naturais, como algo essencial na compreensão dos conceitos e na formação de representações mentais adequadas às teorias científicas, é assinalada por Izquierdo e Sanmartí (2000, p.219). Os diferentes registros de representações de um conceito são relevantes nos processos de soluções de situações-problema.

Astolfi (1995) alerta para o fato de que o uso de símbolos na resolução de problemas é mais do que a aplicação mecânica de um código sobre uma situação. É um processo mais complexo, no qual se faz necessário reconhecer o valor de cada um dos registros, ter clareza de seus significados no contexto de uma teoria. Assim, as representações semióticas passam a ser instrumentos da resolução das situações-problema.

Postigo e Pozo (2000) garantem que os alunos empregam diferentes níveis no processamento da informação – o explícito, o implícito e o conceitual – e que as dificuldades de aprendizagem na construção e na interpretação de representações semióticas se devem também aos próprios livros didáticos. Para esses autores, os livros contêm numerosas representações que, com frequência, são utilizadas como simples ilustrações, sem serem explicados os processos de interpretação e de construção do significado de tais representações.

Wartha e Rezende (2011) afirmam que Albert Einstein já assegurava que a questão das representações no processo de ensino e aprendizagem em Química não é suficiente somente o conhecimento de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações. O principal objetivo no ensino e aprendizagem de Química é o desenvolvimento da imaginação, em função das evidências observadas, dos dados analisados e da capacidade de criar modelos explicativos por meio da capacidade de representar átomos, moléculas e transformações químicas, por exemplo, e usá-los na construção do conhecimento químico sobre determinado fenômeno.

A conversão entre registros é relevante não só no processo de formação dos conceitos, como também na solução de situações-problema, em que são requisitadas diferentes linguagens. Esse processo permite novos tratamentos num registro diferente do inicial (NÚÑEZ *et. al.*, 2011)

As fórmulas são significativamente simbólicas, uma vez que representam “uma realidade inobservável” modelada. Elas incluem códigos e formatos sintáticos específicos que devem ser interpretados (GALAGOVSKY, BEKERMAN, 2009).

Núñez (2009) afirma que o uso da linguagem científica no processo de assimilação de um conceito como o de reação química, contribui para o desenvolvimento dos processos psicológicos complexos, tais processos como a abstração, a generalização, a conscientização e a regulação da atividade de estudo da disciplina de Química.

A Química como qualquer ciência tem a necessidade de uma alfabetização científica e tecnológica ambas de caráter crítico e participativo nas tomadas de decisão para a resolução de situações problema, ao invés da simples transmissão-recepção de conteúdos e conceitos sem ao menos refletir, significar e contextualizá-los. Mas essa mudança só acontecerá quando de alguma forma trabalhar na reorganização do currículo, buscando realmente uma mudança, uma possibilidade de reflexão sobre a natureza da Ciência, sobre o papel da Ciência, da Tecnologia, dos temas sociais e suas relações tão complexas.

Precisamos, no entanto, facilitar o aprendizado inicial da mesma se quiser que os alunos se envolvam com o estudo, condição essencial para o seu sucesso. Para isto temos que elaborar estratégias de ensino apropriadas aos estudantes, estabelecendo relações entre os materiais macroscópicos e suas representações microscópicas, discutindo os modelos químicos em detalhe, ajudando-os a apropriar-se das palavras próprias da química.

Pozo e Gómez (1998) referem-se aos procedimentos de exposição oral e escrita, ao uso de diferentes teorias de expressão escrita e ao desenvolvimento de capacidades para argumentar, explicar e justificar como alguns dos procedimentos para a aprendizagem das ciências naturais que, por seu caráter geral ou instrumental, não são ensinadas em sala de aula, questão que afeta (dificulta) a aprendizagem dos alunos

Para os autores Furió *et. al.* (2000); Viennot (1992); Pozo e Gómez (1998) e Núñez e Uehara (2012) esses procedimentos são tão importantes como os próprios conhecimentos conceituais. Diferentes estudos têm mostrado que os estudantes apresentam dificuldades para argumentar, explicar e descrever em face de determinadas tarefas e situações que demandam essas habilidades sociolinguísticas.

A escola não tem prestado a necessária atenção aos processos de ensino e de aprendizagem de alguns procedimentos (habilidades comunicativas), como a descrição, interpretação, argumentação e a explicação, na sala de aula, desconsiderando que eles devem ser entendidos, aprendidos e ensinados como parte dos conteúdos de Química e de outras ciências. Geralmente, as descrições, justificativas e explicações são fornecidas “prontas”, como

produto ou pacotes-modelo nos livros didáticos ou pelos professores, de forma tal que os estudantes venham reproduzi-las de maneira acrítica e mecânica, ignorando a estrutura dessas atividades (NÚÑEZ, 2009).

### 2.3. Dificuldades na dimensão quantitativa das reações químicas

Segundo Mortimer e Miranda (1995), a dificuldade em estequiometria está principalmente ligada a dificuldade em perceber que as mudanças observadas nas transformações químicas são consequências de rearranjo dos átomos leva estudantes a não usarem o raciocínio de conservação de massa. E, este é o aspecto fundamental para o entendimento do “balanceamento de equações químicas” e das relações estequiométricas das reações.

Para aprender estequiometria é necessário compreender a representação das transformações químicas em seus três níveis, macroscópico, microscópico e simbólico. Verone e Piazza (2007) observaram que alunos brasileiros ao balancear equações químicas conseguiam identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas químicas, mas não compreendem o significado dessas fórmulas, mostrando que não as interpretam em nível microscópico e certa dificuldade nos cálculos matemáticos de proporções ao resolver problemas envolvendo leis ponderais.

Outro estudo apresentava a dificuldade de aprendizagem sobre o conceito de quantidade de substância e de sua unidade, o mol (GARCIA *et. al.*, 1990) os quais, por si só, produzem confusões por provocar a associação da grandeza cuja unidade é o mol com qualquer uma dessas outras, quando na realidade tratamos de uma magnitude diferente. Sinalizava que não compreendiam as relações estabelecidas entre a quantidade de matéria e as outras grandezas. Além disso, foram relatadas dificuldades na diferenciação entre massa molecular e massa molar e na compreensão de conservação de matéria em uma reação e dos significados das relações estequiométricas em uma reação química, independente no nível de ensino. (SANTOS, SILVA, 2013)

As pesquisas de Yaroch (1985) apresentaram que os estudantes não distinguem entre os coeficientes que precedem as fórmulas e as atomicidades. Essas dificuldades apresentadas relativas a atomicidade das moléculas acaba por comprometer a aprendizagem do balanceamento de uma equação química. Essa dificuldade foi investigada e verificada por Niaz e Lawson (1985); Jimoh (2005) e Pozo e Gómez (2009).

A técnica de compensação de equações químicas torna a imagem de equações químicas como enigmas matemáticos (BEN-ZVI *et. al.*, 1987), e eles podem até trabalhar a parte

algorítmica do problema sem ter uma compreensão conceitual dos fenômenos. Não olham para uma equação química e percebem os símbolos e letras como moléculas e a seta como a direção da reação, muitos estudantes não são capazes de visualizar essas representações. Os alunos são menos capazes de fornecer representações equivalentes e verbais são aqueles que apresentam muita dificuldade nas descrições para uma dada representação (KOZMA, RUSSELL, 1997).

A estequiometria apresenta-se como um conteúdo difícil, pois se utiliza do raciocínio proporcional através da linguagem matemática. A dificuldade com algoritmos se verifica a nível médio e superior. Para Queiroz (2000) na comunicação de ideias através da linguagem escrita verifica-se um agravamento considerável no grau destas dificuldades. Como o campo da química é potencialmente quantitativo, os currículos dos cursos de química no ensino superior, de uma forma geral, enfatizam o desenvolvimento de habilidades quantitativas, como a efetuação de cálculos e resolução de problemas, em prejuízo do desenvolvimento de habilidades qualitativas, como a escrita. Além disso, o uso frequente da linguagem matemática por parte dos alunos conspira para que esta situação se fortaleça.

A proposição apresentada por Raviolo (2005) seria que os alunos deveriam reconhecer uma situação final de uma reação química expressada a nível microscópico, a partir de uma situação inicial e da equação química que a represente. Essa proposição levou o pesquisador a verificar as dificuldades dos alunos em resolver problemas de estequiometria. Nurrenbern e Pickering (1987) em sua pesquisa também verificaram as dificuldades dos alunos quando solicitados a resolver o algoritmo para calcular problemas envolvendo gases, e cálculos estequimétricos..

Duncan (1973) concluiu que trabalhar com equações que necessitem a formação de proporções simples como à massa molar e o com número de mol, mas ao utilizar esse multi-conceito fazia com que maioria dos alunos cometa erros nos problemas. Na reflexão, ele percebeu que um problema como: "Que massa de carbonato de cálcio será utilizada exatamente para neutralizar 100 ml de ácido clorídrico 0,2 M"?, Estava longe de ser simples. As operações a seguir tinham de ter lugar as seguintes etapas de resolução:

- a) Um aluno primeiro teve de recordar a natureza da reação do ácido da reação + carbonato = sal + dióxido de carbono + água.
- b) Fórmulas para cada composto.
- c) A equação teve de ser balanceada para estabelecer a proporção de 1:2 entre o  $\text{CaCO}_3$  e HCl.
- d) O número de mols de HCl em 100 ml de 0,2 M que teve de ser obtida.
- e) O número necessário de mols de  $\text{CaCO}_3$  seria metade disso.

f) Uma fração de peso molecular grama teve de ser calculada.

Não só eles precisam do apoio fundamental da construção de uma equação exata, mas a dificuldade acrescentou camadas adicionais de manipulação e cálculo algébrico.

Duncan (1973), também afirma que muitos dos problemas encontrados em livros de didáticos e artigos proporcionaram uma análise ainda mais complexa. Íon e equações de elétrons foram outra área de dificuldade muito grande. Tais equações necessitavam de decisões sobre, os símbolos, os íons (simples e composto), as cargas sobre eles, íons espectadores, símbolos e balanceamentos. Considerações sobre Termoquímica e Equilíbrio renderam análises de complexidade conceitual, de acordo com os problemas expostos acima.

Saber trabalhar com as relações quantitativas também é uma habilidade importante na solução de situações problemas. Essa necessidade de quantificar traduz-se para Pozo e Gómez (2009) e Pérez e Echeverría (1990) no caso do pensamento científico para três esquemas combinados, cujo uso está muito longe de ser geral entre os alunos do Ensino Médio e Universitários, são eles: a) Proporção, b) Probabilidades e c) Correlações. Utilizados nas ciências sociais e na análise de séries numéricas nas ciências Físico-Naturais.

No estudo da ciência Química, a estequiometria utiliza-se muito do pensamento proporcional, assim como a mudança de representação na resolução de problemas, o que torna o conceito complexo levando os alunos a cometer muitos erros.

Os procedimentos são o núcleo principal para compreender, interpretar e analisar as situações problemas, ao exigir que um aluno seja capaz de traduzir uma informação de um código para outro, por exemplo, realizar cálculos matemáticos a partir de uma formulação química, fazendo deduções quantitativas e qualitativas.

Outras conclusões indicam e confirmam que a capacidade matemática dos alunos tem um efeito sobre os conteúdos que os alunos escolheram como difícil ou muito difícil (CHILDS, SHEEHAN, 2009)

A tabela 04 apresenta os temas levantados pelos 136 alunos do primeiro ano do curso universitário de Química.

Tabela 04 – Temas levantados pelos alunos do primeiro ano do curso universitário de Química

<b>Temas</b>	<b>Valor médio</b>
Porcentagem de rendimento	3,71
Mecanismo de reações orgânicas	3,70
Cálculo de equilíbrio químico	3,69
Reações de álcoois	3,67
Reação redox	3,58
Constante de equilíbrio	3,47
Lei de Hess	3,40
O mol	3,24

Fonte: Childs e Sheehan (2009)

Os quatro primeiros temas considerados mais difíceis foram cálculo com rendimento, mecanismo de reações, reações de álcoois e cálculos de equilíbrio químico.

A dificuldade dos alunos na resolução de problemas com a utilização de raciocínio proporcional requer cuidado por parte do docente. No contexto da estequiometria, com suas equações e fórmulas químicas o docente mostra todo um mundo simbólico que tem leituras claramente relacionadas ao nível microscópico quando se trata de uma reação química (entidades em forma de átomos e moléculas que interagem e se reestruturam) e no nível macroscópico da reação química como interação substancial. O professor ao resolver os problemas enfatiza fundamentalmente o nível microscópico, não explica sua relação com o macroscópico e passa diretamente nesse último nível a estabelecer as relações quantitativas pertinentes (CAAMAÑO, 2007).

Utilizar as relações quantitativas (proporção e correlação), qualitativas (conservação, equilíbrio, interação sistêmica) é muito difícil para o estudante tanto do Ensino Médio como o Graduando ou Licenciando em Química, pois estabelecem relações complexas e elaboradas, exigindo adquirir novas estruturas conceituais, que para Pozo e Gómez (2009) necessita aplicar novos princípios conceituais que estariam estreitamente ligados aos princípios epistemológico e ontológico.

Raviolo (2005) apresenta como resultado de sua pesquisa a forma como os alunos confundem-se na compreensão entre o coeficiente e atomicidade, dificuldade com o balanceamento de uma reação química. Dificuldades essas já constatadas por Niaz e Lawson (1985); Jimoh (2005) e Pozo e Gómez (2009).

## 2.4 Dificuldades na dimensão energética das reações químicas.

O estabelecimento da teoria atômica de Dalton permite dar uma interpretação atômica das reações químicas de acordo com a Lei da conservação da massa de Lavoisier e a Lei das proporções constantes de Proust. De acordo com estas teorias, nas reações químicas os átomos não se criam e não se destroem apenas se modificam formando novas substâncias.

Os alunos geralmente apresentam dificuldade em compreender que as reações químicas ocorrem com rupturas das ligações químicas nos reagentes com a formação de novas ligações assim formando os produtos, e que a intensidade envolvida nessas ligações está relacionada a Termodinâmica. (CAAMAÑO, 1994; POZO *et. al.*, 1991).

Muitas vezes as compreensões se complicam ainda mais quando necessitamos compreender que aspectos materiais e energéticos das reações químicas ocorrem por mecanismos de reações, as quais são sucessões de reações elementares através das quais as moléculas dos reativos se convertem nas moléculas do produto.

Em Química outro tema considerado difícil e abstrato dentro das reações químicas é o conceito de energia (termodinâmica). Na sua pesquisa Kuethe (1963) refere que sessenta e seis alunos de um universo de cem que tinham completado o seu primeiro ano de estudos complementares responderam "eu não sei" à questão "o que é a Primeira Lei da Termodinâmica".

Compreender porque uma reação química ocorre é a questão central na compreensão desse conceito, mas geralmente não é considerado pelos professores. Somente durante os últimos anos do Ensino Médio (de acordo com os livros didáticos) é que os alunos estudam a natureza das ligações químicas e as ideias associadas energia das reações químicas, como uma base para prever aspectos do estudo da química.

Portanto, ensinar Termodinâmica, em Química, é um grande desafio ao professor de Química em tentar evitar que o ensino-aprendizagem fique limitado à aplicação de fórmulas, conversões de unidades de energia ou resoluções mecânicas de exercícios que não acrescentam muito aos saberes discentes, mas que o ensino desses conceitos possa ser útil na análise dos diversos fenômenos químicos e físicos da natureza observados no cotidiano dos estudantes do nível médio.

Autores como Ayyildiz e Tarhan (2012); Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Souza e Justi (2010); Bliss e Ogborn (1985); Hapkiewicz (1991), Mulford e Robinson (2002); Teichert e Stacy (2002) e Silva (2005) tem o consenso de que a dificuldade que os alunos apresentam com os conceitos de Termoquímica pode ser por envolver conceitos

amplos como o de energia. A interpretação atômico-molecular de processos endotérmicos e exotérmicos exige clareza quanto aos aspectos macroscópicos do conceito.

Portanto, um conceito chave para o entendimento das reações químicas é o de energia. Gilbert Watts (1983) categorizou as concepções dos estudantes sobre a definição de energia encontrada em sua pesquisa, como:

- a) Visão da energia centrada no ser humano - a energia está associada principalmente com os seres humanos (visão antropocêntrica): os objetos podem considerar-se como tendo atributos humanos (visão antropomórfica).
- b) Modelo depositário de energia - a energia é um agente causal, uma fonte de atividade baseada ou armazenada em certos objetos.
- c) Energia como um ingrediente - a energia é um agente reativo, um ingrediente potencial interior aos objetos ou situações que necessita de um disparador para atuar.
- d) Energia é uma manifestação de atividade - a energia é o próprio movimento.
- e) Energia é um produto - é um subproduto da situação.
- f) Energia é aptidão - a energia faz com que as coisas trabalhem, a energia foi inventada para ser útil. A energia é mais ou menos restringida a aplicações técnicas e não é essencial para todos os processos, mas é principalmente associada ao que torna vida mais confortável.
- g) Energia é fluxo - modelo de transferência de energia - a energia é vista como um tipo de fluido que adere aos objetos e é assim transferida de lugar para lugar.

Gilbert e Watts (1983) reviram alguns estudos sobre energia e resumiram as principais ideias sobre concepções em três categorias: a) a energia é o que faz viver e mover as coisas; b) a energia faz as coisas trabalharem e c) a energia converte-se de uma forma em outra forma.

Brook e Driver (1984) aludiram que alunos de 15 anos consideravam que as coisas só possuíam energia quando estavam em movimento. Eles também referiram que os alunos apresentavam dificuldades em compreender energia como uma ideia quantitativa.

Podemos perceber que um conceito tão importante apresenta muitas concepções equivocadas. O estudo deste assunto é de fundamental importância, pois está conexo a vários fenômenos ocorridos no cotidiano, a exemplo, das energias liberadas durante a queima dos combustíveis e a determinação da caloria dos alimentos, como já citamos anteriormente. Assim, “a interpretação atômico-molecular” de processos endotérmicos e exotérmicos exige clareza quanto aos aspectos macroscópicos observáveis, além da compreensão do fenômeno em nível

microscópico como, a energia cinética e potencial das moléculas, que geralmente não são abordados nas aulas de Química.

#### 2.4.1 Dificuldades com o conceito de variação da entalpia ( $\Delta H$ )

O ensino de conceitos relacionados à entalpia não é tarefa simples. Os alunos não compreendem o significado da entalpia e, por isso, apenas memorizam mecanicamente algumas expressões e operações para serem reproduzidas nos processos avaliativos. Há muitas dificuldades dos alunos com as definições de sistema e de vizinhança e com o fato de ser ou não possível a troca de calor entre eles – há, muitas dúvidas quanto às implicações do restabelecimento do equilíbrio térmico.

Segundo Barros (2009) é comum os alunos alarmarem-se com o conteúdo de termoquímica, e apresentando dificuldades na compreensão de conceitos relacionados às variações de temperatura nos processos endotérmicos e exotérmicos.

Nas dificuldades que são demonstradas no ensino de conceitos como entalpia, entropia e energia interna, Silva (2005) propõe que o conceito de entalpia não seja ensinado no Ensino Médio, afirmando que seria necessário um aprofundamento nos conceitos científicos a nível superior para o pleno entendimento do que seja entalpia, e que mesmo fazendo a transposição para o nível de compreensão dos alunos, muito se perderia em significado, não cumprindo assim com o objetivo proposto para o Ensino Médio, que é a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente.

Johnstone, Macdonald e Webb (1977) referem que alunos de 16-18 anos mantêm a concepção errada de que as reações endotérmicas não podem ser espontâneas.

Relativamente à dificuldade do tema, são várias as referências encontradas na literatura. Por exemplo, "energia de reação" é um tema reconhecido por professores como difícil para os alunos (FINLEY, STEWART, YARROCH, 1982) e identificado pelos próprios alunos (1<sup>a</sup> ano de cursos universitários) como uma das áreas onde existem dificuldades de compreensão (JOHNSTONE, 1980).

De um modo geral, a Química é um assunto conceitualmente difícil para os alunos (BOJCZUK, 1982), sendo tópicos como "mecanismos de reação" e "energia de reações" (por exemplo, conceitos da função de Gibbs e de variação de entalpia) consideradas difíceis pelos próprios alunos (SHAIBU, 1988). No entanto, as dificuldades de compreensão podem mesmo incidir sobre conceitos mais centrais, como é o caso de "reação química".

Pesquisadores como Bojezuk (1982) e Johnstone (2006) perceberam que os estudantes resolvem os problemas apenas usando as fórmulas, sem se preocupar com os conceitos

envolvidos. Verificaram que alguns alunos se referem erroneamente a combustão de uma vela como uma reação endotérmica, uma vez que é necessária energia para a reação se iniciar.

Envolvendo a relação de diversos conceitos e variáveis, este tema (energia) constitui um grande desafio ao ensino-aprendizagem de reações. De fato, a termodinâmica envolve problemas com múltiplas variáveis interdependentes, conduzindo a notáveis dificuldades no ensino e na aprendizagem, em todos os níveis de escolaridade (ROZIER, VIENNOT, 1991). Para a compreensão da espontaneidade de uma reação química, é necessário internalizar os conceitos de entropia e energia livre de Gibbs, relacionado a segunda Lei da Termodinâmica.

Um estudo sobre o conceito de entropia do Ensino Médio de dez escolas diferentes, indicou que estudantes geralmente interpretam o conceito de entropia como uma medida da desordem, ou entendem entropia e desordem como iguais ou ainda que a entropia fosse à causa da desordem no sistema (JOHNSTONE *et. al.*, 1977).

## **2.5. Dificuldades na dimensão cinética das reações químicas**

O ramo da Química que se centra no estudo da velocidade das reações químicas e da teoria das colisões que tentam explicar esta velocidade em termos atômicos é a Cinética Química nele os alunos apresentam uma grande dificuldade de compreensão segundo Caamaño (2007).

O conhecimento do tema cinética química é importante, pois possibilita ao aluno o entendimento de diversos processos que estão presentes em seu cotidiano como, por exemplo, a conservação de alimentos, o uso de catalisadores nos veículos em nossas indústrias, entre outros; contudo, percebe-se que somente essas justificativas para o aprendizado de cinética química não têm sido suficientes para que se superem as dificuldades no seu ensino. (MARTURANO, CARMO, MARCONDES, 2014).

Os autores afirmam que os estudantes podem ter a oportunidade de observar, em seu cotidiano, ou no ambiente escolar, reações químicas que são rápidas ou que são muito lentas, como por exemplo, a queima de uma vela (reação de combustão), que é muito rápida, ocorre em segundos, ou a formação ferrugem em um prego (óxido-redução), que é um processo mais lento. Contudo, a ideia de que a velocidade de uma reação química corresponde à variação de concentração de reagentes (ou produtos) por unidade de tempo não é uma ideia espontânea, ou seja, não se consegue chegar a esse conhecimento apenas pela observação de um dado fenômeno.

Para Caamaño (2007), no caso específico do estudo do conteúdo de cinética química a maioria dos estudantes praticamente não usa os dois modelos macroscópicos e nenhum

estudante recorreu ao modelo cinético microscópico, fato compartilhado por outros autores como Childs e Sheeland (2009); Barlet *et al.* (1997) e Domínguez *et al.*, (1998).

Aspectos cinéticos das reações químicas normalmente são tratados de forma superficial mas são de grande importância para a compreensão de processos moleculares pelos quais as reações químicas acontecem (CAAMAÑO, 2006).

Considerando especificamente o ensino de cinética química, verificamos que as atividades didáticas, muitas vezes, são fundamentadas em aulas expositivas, que não levam em conta entre outros aspectos, os conhecimentos prévios nem o cotidiano dos alunos. Isto torna o ensino deste tópico desmotivante.

Atualmente, no Ensino Médio, o tema cinética química tem sido apontado pelos professores como sendo de difícil abordagem por causa do caráter tanto empírico como abstrato deste tema. A compreensão da velocidade de uma reação química envolve a interpretação de dados experimentais e o entendimento do caráter dinâmico das partículas. Assim, o aluno tem de transitar entre o mundo macroscópico e o submicroscópico, o que exige um entendimento mais complexo da natureza da matéria. (MARTURANO, CARMO, MARCONDES, 2014).

Já na pesquisa de Kermen e Méheut (2009), ao analisarem a disciplina de Química, identificaram que os estudantes usam diferentes modelos para interpretar as transformações químicas, mas diferentemente da pesquisa de Sansona (1995) esses estudantes privilegiam um modelo em relação a outros embora empreguem diferentes modelos como no modelo para o estudo de cinética, visto que todos os alunos da pesquisa utilizaram somente o modelo macroscópico.

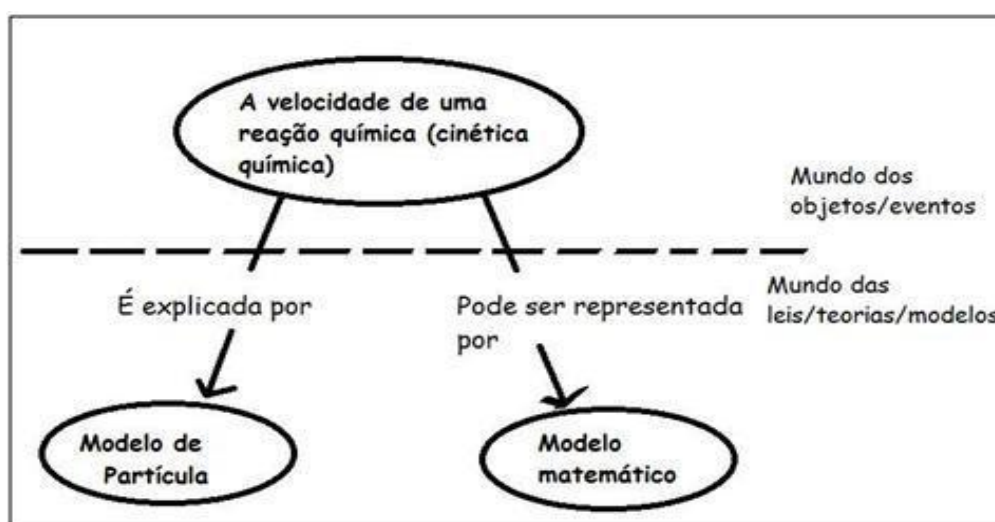
Justi e Ruas (1997) para as autoras, o ensino de cinética química no nível médio focaliza essencialmente o motivo de diferentes reações ocorrerem com velocidades diferentes, assim como a razão de alguns fatores poderem alterar a velocidade das reações químicas e a forma como isso acontece.

Na pesquisa desenvolvida por elas numa escola de Belo Horizonte, o dado mais surpreendente foi que nenhum aluno entrevistado (alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola particular) considerou a questão da movimentação das partículas envolvidas numa reação química, embora 17% deles tenham representado rearranjo de átomos durante o processo em seus desenhos. Curiosamente, como não se pode pensar em rearranjo sem movimentação das partículas, as autoras apontam para uma espécie de "dissociação" dos fenômenos por parte dos estudantes, ou seja, os alunos não estariam entendendo a química como um todo, mas como pedaços isolados de conhecimento, utilizáveis apenas em determinadas situações. Em muitos

casos, foi possível observar a coexistência da teoria das colisões com uma visão contínua da matéria.

Cakmakci, Leach e Donnelly (2005) apontam que pesquisas em outras áreas das ciências mostram que os estudantes possuem dificuldades em explicitar seu entendimento com e através de diferentes formas de representação, por exemplo, transformar uma equação química em seu respectivo gráfico. Isso ocorre porque, segundo os autores, o entendimento sobre a estrutura da cinética química é complexo, pois envolve duas linhas distintas, mas complementares de desenvolvimento, o “empírico” e o “teórico”. Os autores mostram a relação entre o fenômeno químico teórico/empírico na figura 04 a seguir.

Figura 04 – Relação entre reação química e as teorias e modelos



Fonte: Cakmakci, Leach e Donnelly (2005)

Contudo, os autores apontam em seu estudo, sobre o entendimento da representação gráfica da velocidade de uma reação química, que muitos estudantes apresentam dificuldades em encontrar uma explicação satisfatória para um fenômeno ou evento. Muitos deles, particularmente os do ensino médio, inspiram-se em um modelo macroscópico para explicar os fenômenos. Enquanto o modelo macroscópico diz pouco sobre a natureza da velocidade da reação e é essencialmente descritivo, os modelos de partículas e matemáticos permitem que muito mais seja explicado, quantificado e predito. Contudo, os modelos de partículas e matemáticos não são frequentemente usados pelos estudantes e, na maioria dos casos, quando usados não estão de forma efetiva e apropriadamente em concordância com o aceito no currículo de química. (CAKMAKCI, LEACH, DONNELLY, 2005)

Para Greca e Santos (2005, p. 5):

[...] a descrição normativa, metodológica, claramente crítica e legítima de um racionalismo químico que avançou e se estabeleceu em várias áreas, não conseguiu, contudo, construir um corpo teórico consistente e amplo o

suficiente para unificar o pluralismo molecular (discursivo, funcional e representacional), embora estes mesmos modelos tenham progredido, conceitual e representacionalmente, a partir da "matematização" dos mesmos, como no caso dos estados de transição na cinética das reações.

Então explicar as mudanças que ocorrem na matéria implica compreender o mecanismo subjacente à mudança em termos de interação entre partícula. Assim verifica-se que os alunos utilizam as teorias cinéticas para explicar as mudanças da matéria, uma vez que não compreenderam a noção de movimento intrínseco da matéria. Ao necessitarem do modelo corpuscular em suas explicações, para interpretar os fenômenos químicos na resolução de um problema recorrem espontaneamente a partir das propriedades macroscópicas (POZO, GÓMEZ, 2009).

As principais concepções alternativas no ensino da cinética segundo Justi e Ruas (1997) são:

- a) Os alunos atribuem às substâncias participantes da reação, ou uma delas, a responsabilidade da velocidade da reação química;
- b) Em suas explicações sobre a dinâmica de uma reação química existe a coexistência da teoria das colisões com uma visão contínua da matéria;
- c) A questão do movimento das partículas envolvidas em uma reação química não é considerada pelos alunos em suas explicações sobre a interação entre essas partículas.

## **2.6. Dificuldades na dimensão do equilíbrio das reações químicas**

O que percebemos é que equilíbrio químico é um conteúdo considerado complexo nas pesquisas de Kozma e Russell (1997); Krajcik (1991); Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Souza e Cardoso (2008); Raviolo e Garritz (2008). Ratcliffe (2002) também afirmou que os alunos têm claramente uma dificuldade em dominar o conceito de equilíbrio e suas aplicações e alguns alunos (geralmente aqueles que recebem notas mais baixas) e evitam as partes de questões contendo problemas matemáticos.

Tem-se entre essas dificuldades relacionadas à resolução de problemas com o equilíbrio químico devido à falta de um correto controle das variáveis envolvidas; a adoção de estratégias didáticas incorretas; o emprego de um raciocínio linear e sequencial; as dificuldades em compreender a natureza dinâmica do equilíbrio químico; a incorreta aplicação do Princípio de Le Chatelier ou sua aplicação em situações que conduzam a previsões incorretas; as dificuldades em aplicar esse princípio em situações de mudança de temperatura; e as

dificuldades em considerar todos os fatores que afetam o estado de equilíbrio (BARKER, 2001; RAVIOLO, MARTÍNEZ-AZNAR, 2003).

Castilho *et al.*, (1990), em sua pesquisa sobre equilíbrio químico escolheram investigar as concepções sobre dois aspectos referentes ao estado de equilíbrio: coexistência de reagentes e produtos, pois, perceberam ser um conteúdo causador de muitas dúvidas em seus alunos e, constância das concentrações. Sobre a *coexistência de reagentes e produtos*, percebemos que frequentemente os alunos apresentam dificuldades em conceber a ideia de que, no estado de equilíbrio, o sistema é formado pelas substâncias reagentes e produtos ao mesmo tempo (MACHADO, 1992).

Os alunos tendem a acreditar que, no estado de equilíbrio, apenas os produtos estão presentes no sistema. Com relação à *constância das concentrações*, foi expressivo o percentual de alunos que indicou que no equilíbrio as concentrações de reagentes e produtos são *iguais*. Para eles, a ideia de que ‘algo’ é igual no estado de equilíbrio do sistema é muito presente. Os alunos parecem entender a expressão ‘constância das concentrações de reagentes e produtos’ como igualdade. Essa concepção também foi identificada por outros autores como Hackling e Garnett (1985) e Machado (1992).

Poucos autores, como Lopes (1995); Souza e Cardozo (2008); Echeverría (1993) e Pozo e Gómez (2009) se preocupam em pesquisar a formação do pensamento científico no estudo das transformações químicas representado pelas reações e equações químicas. Entendemos que esses conceitos estão intimamente ligados aos conceitos quantitativos, qualitativos, energéticos, cinéticos e de dinâmica de uma reação química e quase nenhuma pesquisa apresenta a dificuldade de aprendizagem da interpretação de uma reação química fundamentada nas inter-relações desses conceitos, fato que queremos defender com a tese.

Para Lopes (1993) a própria permanência da classificação das reações em reversíveis e irreversíveis, função da manutenção do conceito de espontaneidade enquanto sinônimo de ocorrência natural é incoerente com essa mesma definição. Se a reação ocorre em um sentido, conclui-se que, no sentido oposto, ela obrigatoriamente não ocorre. Por outro lado, não se questiona que, se algumas reações são reversíveis, o conceito de espontaneidade não pode ser aplicado: se um dos sentidos é não espontâneo, não ocorre, como a reação pode ser reversível?

O ponto não desenvolvido é que, de acordo com a Termodinâmica Química, a espontaneidade se associa à maior tendência de uma reação ocorrer, medida pela constante de equilíbrio: quanto maior o  $K_c$ , maior a espontaneidade da reação. Não implica, portanto, ocorrência ou não da reação, como prevê o senso comum, na medida em que todas as reações são reversíveis em sistema fechado.

Seria de se esperar que, com a introdução de conceitos mais modernos da Termodinâmica Química, principalmente após os anos 60, esses obstáculos fossem superados. Contudo, isso não ocorreu, demonstrando que o problema não reside meramente em uma imprecisão conceitual.

Vários trabalhos e revisões têm apontado dificuldades e erros conceituais relacionados ao tema equilíbrio químico, como: o problema de analogias utilizadas por professores e por livros didáticos (RAVILOLO, GARRITZ, 2008; HESSE, ANDERSON 1992; MORTIMER, 1988, 1995; HENRY, 1991; BACHELARD, 1996; COLL, TAYLOR, 2005; GALAGOVSKY, ADÚRIZ-BRAVO, 2001).

Uehara (2005) constatou como resultado da sua dissertação de mestrado a forma como os alunos representavam por meio de ilustrações uma reação química em equilíbrio. Dos participantes, 54,6% representaram a reação química colocando reagentes e produtos em recipientes separados; 18,7% representaram a reação com desenhos de forma animada; 6,7% representaram a reação em um único recipiente; e 20,0% não responderam.

Os alunos, em maioria não conseguiram representar a reação ocorrendo em um único recipiente. Observou-se nos desenhos a repetição da representação de reação química, conforme mostram as figuras 1 e 2, ambas representando a reação:

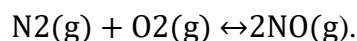
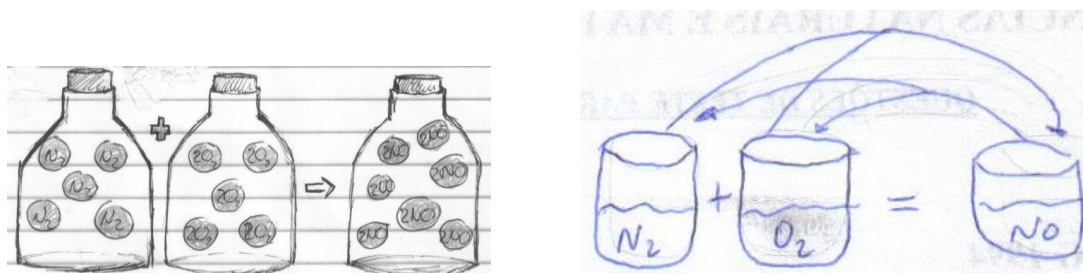


Figura 05: Representação pictórica de reação (I)    Figura 06: Representação de reação (II)



Fonte: Uehara (2005)

Na representação pictórica da reação química em questão a autora observa que os estudantes não concebem a reação com a interação entre as partículas dos reagentes. Essa concepção é decorrente da percepção que o estudante tem da representação de uma equação química, que separa os reagentes pelo sinal de mais (+) e reagentes e produtos pela seta ( $\rightarrow$ ).

Vários trabalhos têm apontado a compartimentação do equilíbrio: os reagentes e os produtos se encontram em compartimentos separados; os reagentes geralmente à esquerda e os

produtos à direita (JOHNSTONE, MACDONALD, WEBB, 1977; GORODETSKY, GUSSARSKY, 1986; RAVIOLO, MARTÍNEZ-AZNAR, 2003)

Na literatura científica as interpretações alternativas detectadas na aprendizagem do Equilíbrio Químico, têm sido estudadas como que sua origem tem relação com:

- a) A experiência que os alunos possuem em trabalhos com reações químicas “irreversíveis”
- b) A importância dada na sala de aula e em livros didáticos a cálculos estequiométricos, que colocam em ênfase os coeficientes da reação química (balanceamento) (HACKLING, 1985);
- c) A utilização de analogias para explicar o equilíbrio por parte dos docentes e dos livros didáticos

Autores como Gonzalez (2006), Johnstone (2006), Childs e Sheeland (2009), Raviolo e Garritz (2008), Quílez-Pardo (1997a ;1997b) Barker (2001), Raviolo e Martínez-Aznar (2003); Kozma (1997), Kozma, Chin, Russell e Marx (1997), Kozma *et. al.* (1996), Wilson (1998), Uehara (2005), Quílez-Pardo e Solaz-Portoles (1995a) e Machado e Aragão (1996) pesquisam as dificuldades quanto ao conceito de Equilíbrio Químico relacionados aos erros cometidos na resolução dos problemas relativos ao cálculo de equilíbrio químico, constante de equilíbrio, dificuldades com a aplicação do Princípio de Le Chatelier e os fatores que alteram o equilíbrio químico.

O conteúdo equilíbrio químico é um dos assuntos que exige dos alunos do Ensino Médio ou de cursos introdutórios de química no Ensino Superior, segundo Wilson (1998) um domínio do pensamento abstrato e demanda domínio de um grande número de conceitos subordinados (QUÍLEZ-PARDO, SOLAZ-PORTOLES, 1995).

Os alunos que ingressam na Universidade não tem em geral concepções diretamente vinculadas ao Equilíbrio Químico, mas alguma ideia sobre o equilíbrio estático (elaborado no contexto da mecânica), e conceitos relacionados que influenciam na aprendizagem entre os quais podem ser considerados de uma reação química como os mais importantes:

A seguir apresentamos quadros com as dificuldades na aprendizagem

**a) Dificuldades e erros conceituais na aprendizagem das reações químicas**

Quadro 02 – Dificuldades e erros conceituais em Química relativa a reação química

AUTOR(ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Chastrette e Franco (1991); Iglesias, Oliva e Rosado (1990); Gorodetsky e Gussarsky (1986); Herrera (2012); Pozo e Gómez (2009); Rosa e Schenetzler (1996); Andersson e Renstrom (1981, 1983a, 1983b); Pfundt (1982); Shollum (1982); Méheut <i>et. al.</i> (1985); De Vos e Verdonk (1985a, 1985b, 1986, 1987a, 1987b) e Nery e Bassi (2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A concepção de continuidade da matéria constitui um obstáculo importante na reconstrução do conceito de matéria</li> </ul>
Pozo <i>et. al.</i> (1991); Gómez <i>et al.</i> (1992); Johnstone (1982, 1993, 2000); Schenetzler (2004); Talanquer (2001, 2006); Furió e Furió (2000); Caamaño (2007); Gabel (1993, 1998); Raviolo (2005); Hesse e Andersson (1992); Furió <i>et. al.</i> (1987); Stavy (1990); De Vos e Verdonk (1985a); Nery (2006); Ben-Zvi, Eylone e Silberstein (1986, 1987, 1988) e Griffiths e Preston (1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldades dos alunos de relacionar os diferentes níveis de representação (1) nível sensorial ou perceptivo (<i>nível macroscópico</i>), (2) nível partículas: átomos, moléculas ou íons (<i>nível microscópico ou submicroscópico</i>) e (3) nível símbolos: símbolos; fórmulas e equações (<i>nível simbólico</i>) ao tentar explicar uma reação química.</li> </ul>
Raviolo (2005); Aragão e Coll (1991); Andersson e Renstrom (1981, 1983a, 1983b); Uehara (2005); Nurrenbern Pichering (1987); Gonzalez (2006), Johnstone (1982, 1991, 1993, 2000 e 2006); Jimoh (2005); Childs e Sheeland (2009); Laugier e Dumon (2004); Stravidou e Solomonidou (1989); Yaroch (1985); Galagovsky <i>et. al.</i> (2003); Bojezuk (1982); Raviolo (2005); Jiménez <i>et al.</i> (2007); Finzi, Paiva e Faljoni-Alario (2005); Ben-Zvi <i>et. al.</i> (1987); Rubilar e Izquierdo (2011).	<p>Dificuldade em:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compreender que em uma reação química sempre ocorre com rearranjo dos átomos</li> <li>➤ Compreender que para ocorrer uma reação química há necessidade que ocorra interação entre substâncias na produção de novas substâncias.</li> </ul>
Kozma e Russell (1997); Krajcik (1991); Andersson e Renstrom (1986); Hesse e Anderson (1992); Llorens (1987); Sanmartí, 1990; Azcona (1997); Mortimer e Miranda (1995); Gonzalez (2006); Johnstone (1982, 1991, 1993, 2000, 2006); Jimoh (2005); Childs e Sheeland (2009); Laugier e Dumon (2004); Stravidou e Solomonidou (1989); Yaroch (1985); Galagovsky <i>et. al.</i> (2003); Bojezuk (1982); Raviolo (2005); Jiménez <i>et al.</i> (2007); Finzi, Paiva e	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade para interpretar a representação de uma equação química</li> </ul>

AUTOR(ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Faljoni-Alario (2005); Ben-Zvi <i>et. al.</i> (1987) e Rubilar e Izquierdo (2011)	
Shollum (1982); Rosa (1996); Stravidou e Solomonidou (1989); Furió <i>et. al.</i> (1987); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schenetzler (1998); Talanquer (2001, 2006); Johnstone (1982, 1993, 2000); Echeverría (1996); Anderson (1990); Cachapuz e Martins (1988); Galagovsky <i>et al.</i> (2003).	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade na noção de conceituação de fenômenos físicos e químicos;</li> <li>➤ Dificuldade em diferenciar o conceito de reação química e mistura</li> </ul>
Lopes (1995); Souza e Cardozo (2008); Echeverría (1993); Pozo e Gómez (2009); Solsona <i>et. al.</i> (1998, 2000); Machado (1995, 2000); Santos e Mortimer (1999) e Sanderson (1968)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldades na formação do pensamento científico na compreensão de uma reação química</li> </ul>
Hesse e Anderson (1992); Mortimer (1988, 1995); Henry (1991); Bachelard (1996); Coll e Taylor (2005); Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001); Thiele e Treagust (1995); Leite <i>et. al.</i> (2006); Souza <i>et. al.</i> (2006); Melzer <i>et. al.</i> (2007); Mendes <i>et. al.</i> (2009); Raviolo e Garritz (2008); Lopes (1991); Thagard (1992); Treagust <i>et. al.</i> (1996); Duit (1991); Ogborn (1996); Sansona (1997)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Uso de analogias como estratégia de respostas para a explicação de reações químicas. Entende-se que os estudantes utilizam a analogia diferindo unicamente pela ausência de vocabulário técnico em suas explicações.</li> <li>➤ Atribuir comportamentos típicos de seres vivos às substâncias. Animistas</li> </ul>
Stravidou e Solomonidou (1989); Cirino (2009); Furió e Furió (2000); Sanmartí, (1990); Sanmartí e Izquierdo (1995); Filho e Celestino (2010); Lopes (1993, 1995); Gómez <i>et al.</i> (2008); Schenetzler (1981); Carbonell e Furió (1987); Rubilar (2009); Quílez-Pardo (1997a, 1997b); Galagovsky <i>et al.</i> (2003); Machado (1995, 2000); Santos e Mortimer (1999) e Aragão e Coll (1991).	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldades com os termos próprios da química como: substância pura, mistura, diluir, dissolver, soluções etc.</li> <li>➤ Não diferencia os conceitos e, portanto, apresenta dificuldade em identificar/ misturas, substância pura/ soluções/fenômeno químico e fenômeno químico.</li> </ul>

AUTOR(ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Bulwik (2000); Furió e Furió (2000) e Rubila (2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldades com os aspectos relacionados a CTS (Ciencia-Tecnologia e Sociedade).</li> <li>➤ Dificuldades com as reações químicas relacionadas a aspectos industriais.</li> </ul>

Fonte: o pesquisador

O quadro 03 a seguir resume as dificuldades e erros conceituais na compreensão das reações químicas: aspectos qualitativo-quantitativos, energéticos, cinéticos e de equilíbrio químico.

**b) Principais dificuldades e erros dos alunos em aspectos quantitativos e qualitativos das reações químicas**

Quadro 03 – Dificuldades e erros relativos aos aspectos quantitativos e qualitativos de uma reação química

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Mortimer e Miranda (1995); Childs e Sheeland (2009); Pozo e Gómez (2009); Bojezuk (1982); Johnstone (1991, 1993, 2006); Raviolo (2005); Furió e Furió (2000); Hesse e Anderson (1992); Finzi, Paiva e Faljoni-Alario (2005); Stravidou e Solomonidou (1989); Nakhleh (1992); Lythcott (1990); Jiménez <i>et. al.</i> (2007); Vos e Verdonk (1985, 1986, 1987); Hoffmann e Laszlo (1991); Izquierdo (2014) e Rogado (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em reconhecer as transformações químicas por meio de diferenças entre os seus estados iniciais e finais;</li> <li>➤ Não resolve corretamente problemas que envolva a aplicação da Lei de Lavoisier;</li> <li>➤ Compreender o princípio da conservação da massa em uma transformação química</li> </ul>
Nurrenbern e Pickering (1987); Niaz e Lawson (1985); Jimoh (2005); Pozo e Gómez(2009); Paixão e Cachapuz (1988); Cárdenas (2006); Chastrette e Franco (1991); Matute, Pérez e Di`Bacco (2009); Aldaz <i>et. al.</i> (2005); Vasini e Donati (2001); Furió, Bueso e Mans (1988), Caramel e Pacca (2009), Ogude e Bradley (1994), Sanger e Greenbowe (1997), Engelhardt e Beichner (2004), De Manuel (1997); Echeverria (1996); Duncan e Johnstone (1973); Staver e Lumpe (1995); Rogado (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não consegue compreender e utilizar corretamente as proporções solicitadas em problemas de estequiometria;</li> <li>➤ Não resolvem corretamente problemas que envolvam proporções de quantidade de matéria (mol), relações quantitativas de massa (quantidade de matéria) /Constante de Avogadro/ Massa Molar nas transformações químicas;</li> <li>➤ Dificuldade em resolver problemas que envolvam cálculos numéricos e proporções em uma reação química</li> </ul>
Raviolo (2005); Furió e Furió (2000); Stavy (1990); Furió <i>et. al.</i> (1987); Shollum (1982); Rosa (1996); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schnetzler (1998); Talanquer, (2006); Johnstone (1982, 1993, 2000) e Galagovsky <i>et. al.</i> (2003); Anderson (1990); Cachapuz e Martins (1988) e Paixão e Cachapuz (1985,1986)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em identificar e explicar a ocorrência de uma de uma reação química a partir da mudança na qualidade de uma reação química como: mudança na cor, formação de gás, na temperatura e formação de precipitado etc.</li> </ul>

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
<p>Kozma e Russell (1997); Krajcik, (1991); Hesse e Anderson, 1992; Llorens (1988); Sanmartí (1990); Azcona (1997); Mortimer e Miranda (1995);Gonzalez (2006), Johnstone (1982, 1991, 1993, 2000 e 2006); Jimoh (2005); Childs e Sheeland (2009); Laugier e Dumon (2004); Stravidou e Solomonidou (1989); Yarroch (1985); Galagovsky et al. (2003); Bojezuk (1982); Raviolo (2005); Jiménez <i>et al.</i> (2007); Finzi, Paiva e Faljoni-Alario (2005); Ben-Zvi <i>et al.</i> (1987) e Rubilar e Izquierdo (2011).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em descrever transformações químicas em diferentes linguagens e representações, traduzindo umas nas outras /texto/equação química/gráficos/tabelas.</li> <li>➤ Dificuldade em representar e interpretar informações sobre variáveis nas transformações químicas por meio de tabelas e gráficos</li> </ul>
<p>Stravidou e Solomonidou (1989); Cirino (2009); Furió e Furió (2000); Sanmartí (1990); Sanmartí e Izquierdo (1995); Filho e Celestino (2010); Lopes (1993, 1995); Gómez <i>et al.</i> (2008); Schenetzler (1981); Carbonell e Furió (1987); Rubilar (2009); Quílez-Pardo (1997a, 1997b); Galagovsky <i>et al.</i> (2003); Machado (1995, 2000); Santos e Mortimer (1999); Aragão e Coll (1991) e Mortimer e Miranda (1995)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade com a linguagem (termos) específicos da Química</li> <li>➤ Dificuldades na diferenciação entre massa molecular e massa molar</li> </ul>
<p>Niaz e Lawson (1985); Jimoh (2005); Pozo e Gómez (2009); Raviolo (2005); Nurrenbern e Pickering (1987); Gonzalez (2006), Johnstone (1982, 1991, 1993, 2000, 2006); Jimoh (2005); Childs e Sheeland (2009); Laugier e Dumon (2004); Stravidou e Solomonidou (1989); Yarroch (1985); Galagovsky <i>et al.</i> (2003); Bojezuk (1982); Raviolo (2005); Jiménez <i>et al.</i> (2007); Finzi, Paiva e Faljoni-Alario (2005); Ben-Zvi <i>et al.</i> (1987) e Rubilar e Izquierdo (2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ As atomicidades das fórmulas moleculares dos elementos não dão ideia de uma estrutura; molecular (<math>O_2</math> confundido com <math>2O</math>).</li> <li>➤ Dificuldades de interpretação a linguagem representacional das equações químicas: Confusão entre Coeficiente e atomicidade nas equações químicas.</li> <li>➤ Os coeficientes estequiométricos não são compreendidos como uma relação numérica entre as moléculas das espécies que reagem</li> </ul>

Fonte: o pesquisador

**c) Principais dificuldades e erros dos alunos em termoquímica**

Quadro 04 – Principais dificuldades e erros dos alunos em aspectos energéticos das reações químicas

AUTOR(ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
<p>Cárdenas (2006); Stravidou e Solomonidou (1989); Cirino (2009); Filho e Celestino (2010); Lopes (1999, 1995); Jiménez <i>et. al.</i> (2007); Schenetzler (1981); Carbonell e Furió (1987); Rubilar (2009); Izquierdo (2004); Quílez-Pardo (1997a, 1997b); Galagovsky <i>et. al.</i> (2003); Veronez e Piazza (2010); Machado (1995, 2000); Santos e Mortimer (1999), Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Köhnlein e Peduzzi, (2002); Covolan e Silva (2005); Grings, Caballero e Moreira, (2008); Jaques e Alves Filho (2008); Caamaño (1994); Pozo <i>et. al.</i> (1991) e Beltran (1997)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não consegue estabelecer relação entre o calor envolvido nas transformações químicas e as massas de reagentes e produtos;</li> </ul>
<p>Silva (2005); Bojezuk (1982), Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Souza e Justi (2010); Bliss e Ogborn (1985); Hapkiewicz (1991); Mulford e Robinson, (2002); Teichert e Stacy (2002); Caamaño (1994); Pozo <i>et. al.</i> (1991); Köhnlein e Peduzzi (2002); Covolan e Silva (2005); Grings, Caballero e Moreira, (2008); Jaques e Alves Filho (2008); Caamaño (1994); Pozo <i>et. al.</i> (1991); Shaibu (1988); Johnstone, Macdonald e Webb (1977) e De Vos e Verdonk (1986)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade nos problemas que envolvam a na interpretação do conceito “Entalpia de reação” como balanço energético (resultante) da ruptura e formação de novas ligações;</li> <li>➤ Dificuldade em identificar e compreender a energia envolvida na formação e na quebra de ligações químicas;</li> <li>➤ Dificuldade na resolução de problemas que necessite a compreensão de conceitos relacionados às variações de temperatura nos processos endotérmicos e exotérmicos</li> </ul>
<p>Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Souza e Justi (2010); Bliss e Ogborn (1985); Jiménez <i>et.al.</i>(2007); Hapkiewicz (1991); Mulford e Robinson (2002); Teichert e Stacy (2002); Caamaño (1994); Pozo <i>et. al.</i> (1991); Sabadini e Bianchi (2007) e Shaibu (1988)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade de compreender o critério de espontaneidade de uma reação química através do conceito de Energia Livre (<math>\Delta G^\circ</math>);</li> <li>➤ Dificuldade na compreensão do conceito de Energia Livre.</li> </ul>
<p>Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Souza e Justi</p>	

AUTOR(ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
(2010); Bliss e Ogborn (1985); Hapkiewicz (1991); Mulford e Robinson (2002); Sabadini e Bianchi (2007); Teichert e Stacy (2002); Caamaño (1994) e Pozo <i>et. al.</i> (1991)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em relacionar a entropia com o grau de desordem dos sistemas.</li> <li>➤ Dificuldade com o conceito de entropia (S)</li> </ul>
Sanderson (1968); Núñez (1992, 2013, 2014) e Sálmina (1988)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em relacionar os conceitos de espontaneidade de uma reação com o valor de <math>\Delta S</math> (negativo) e a Energia livre de Gibbs <math>\Delta G^\circ</math> (negativo)</li> </ul>

Fonte: o pesquisador

#### d) Dificuldades dos alunos em aspectos cinéticos das reações químicas

Quadro 05 – Principais dificuldades dos alunos em aspectos cinéticos das reações químicas

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Cárdenas (2006); Childs e Sheeland (2009); Kermen e Méheut (2009); Jimoh (2005); Garnett <i>et al.</i> (1995); Barlet <i>et. al.</i> , (1997); Domínguez <i>et. al.</i> , (1998); Cirino <i>et al.</i> (2009); Kermen e Méheut (2009); Jiménez <i>et. al.</i> (2007); Cirino <i>et. al.</i> (2009) e Greca e Santos (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Não define corretamente a Energia de Ativação</li> <li>➤ Dificuldade em resolver problemas que envolvam compreender o que é e qual sua função da Energia de ativação e compreender a ocorrência da reação após ter vencido a barreira energética (Ea).</li> <li>➤ Dificuldade em compreender que a cinética de uma reação poderia ser desfavorecida se um grande número de moléculas não conseguir realizar choques com energia igual ou superior à energia de ativação</li> <li>➤ Dificuldade em compreender que quanto menor a Ea maior é a facilidade de ocorrência da reação</li> <li>➤ Dificuldade em conhecer a natureza dos reagentes, a teoria de colisão analisando a expressão da velocidade a partir das concentrações dos reagentes. <math display="block">V = k. [A]^a . [B]^b</math></li> </ul>
Justi e Ruas (1997); Lopes (1992); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schnetzler (1998); Talanquer (2006); Johnstone (1982, 1993, 2000); Ribeiro (2008); Nardín, Salgado e Del Pino (2005); Furió e Furió (2000); Carbonell e Furió (1987);	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em reconhecer as variáveis e suas formas de controle, que podem modificar a rapidez de uma transformação química (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação, catalisador);</li> </ul>

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Pozo e Gómez (2009); GEPEQ (1999); Veronez e Piazza (2007); Azcona <i>et. al.</i> (2004) e Furió e Domínguez (2007)	➤ Dificuldade em compreender as relações quantitativas empíricas entre rapidez, concentração e pressão, traduzindo-as em linguagem matemática.
Talanquer (2006); Johnstone (1982, 1993, 2000); Ribeiro (2008); Nardin, Salgado e Del Pino (2005); Furió e Furió (2000) e Carbonell e Furió (1987)	➤ Dificuldade de identificar e explicar através de modelos as transformações químicas que ocorrem em diferentes escalas de tempo.

Fonte: o pesquisador

**e) Dificuldades e erros dos alunos em aspectos do equilíbrio químico das reações químicas**

Quadro 06 - Principais dificuldades e erros dos alunos em aspectos do equilíbrio químico das reações químicas

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Kozma e Russell (1997); Krajcik (1991); Bojezuk (1982); Johnstone (2006); Souza e Cardoso (2008); Raviolo e Garritz (2008); Quílez-Pardo (1997a, 1997b); Gonzalez (2006), Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Raviolo e Garritz (2008); Barker (2001); Raviolo e Martínez-Aznar (2003); Kozma (1997); Kozma, Chin, Russell, e Marx (1997); Jiménez <i>et al.</i> (2007); Kozma <i>et. al.</i> (1996); Wilson (1998); Driel, Vos, Verloop, Dekkers (1998) e Baumam (1972);	➤ Dificuldade para compreender o conceito das constantes $K_p$ e $K_c$ assim como em e relacionar a ocorrência de uma reação química através da análise qualitativa da constante de equilíbrio
Gonzalez (2006), Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Raviolo e Garritz (2008); Quílez-Pardo (1997a, 1997b) Barker (2001); Raviolo e Martínez-Aznar (2003); Kozma (1997); Kozma, Chin, Russell e Marx (1997); Kozma <i>et. al.</i> (1996); Wilson, (1998); Quílez-Pardo e Solaz-Portoles, (1995); Machado e Aragão (1996); Quílez-Pardo (1993, 1998) e Pozo <i>et. al.</i> (1991)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em compreender o conceito de reações reversíveis;</li> <li>➤ Dificuldade de compreender o conceito de reação em equilíbrio químico (extensão da transformação);</li> <li>➤ Não compreende a coexistência de reagentes e produtos;</li> <li>➤ Dificuldade para identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico;</li> </ul>

AUTOR (ES)	DIFICULDADES E ERROS ASSOCIADOS AO ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS
Baumam (1972); Johnstone (2006); Souza e Cardoso (2008); Raviolo e Garritz (2008); Quílez-Pardo (1997a, 1997b); Gonzalez (2006), Johnstone (2006); Childs e Sheeland (2009); Raviolo e Garritz (2008); Barker 2001; Raviolo e Martínez-Aznar (2003); Kozma (1997); Kozma, Chin, Russell e Marx (1997); Jiménez <i>et. al.</i> (2007); Kozma <i>et. al.</i> (1996); Wilson, (1998) e Driel, Vos, Verloop e Dekkers (1998);	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dificuldade em relacionar a constante (K) com o rendimento da reação</li> <li>➤ Dificuldade em trabalhar a análise qualitativa das constantes de equilíbrio em função do quantitativo. Indicando a existência maior de produto ou reagente a partir do valor da constante.</li> <li>➤ Confusão entre quantidade de substância e concentração na expressão da constante</li> </ul>

Fonte: o pesquisador

As pesquisas apresentadas na literatura sobre as dificuldades e erros na compreensão de uma reação química, confirmam a situação em que essas se encontram fragmentadas para o estudo das reações químicas. As dimensões quantitativas-qualitativas, energéticas, cinéticas e de equilíbrio químico são citadas na literatura como conteúdos em que os alunos apresentam dificuldade de compreensão, mas mesmo as pesquisas não apresentam uma visão sistêmica desses conteúdos o que acreditamos causar dificuldades de aprendizagem.

Essa forma de ensinar o conteúdo de forma fragmentada, as pesquisas que se apresentam de forma fragmentada, tudo isso contribui para uma aprendizagem superficial, e assim vão surgir erros e dificuldades na aprendizagem

Nesse sentido, se torna relevante não só explicitar os erros e dificuldades de aprendizagem, como também discutir as causas as quais podem ser atribuídas essas concepções e dificuldades de aprendizagem, o que pode contribuir a compreender como ajudar os estudantes a superar as dificuldades na aprendizagem das reações químicas.

A discussão sobre as causas dos erros e dificuldades de aprendizagem vamos desenvolver baseando-nos nos estudos de Caamaño (2003) e de Pozo e Gómez (2009).

Segundo Caamaño as concepções alternativas (erros) e as dificuldades de aprendizagem podem ser atribuídas à:

- a) Dificuldades intrínseca a própria disciplina;
- b) O pensamento e os processos de raciocínios dos estudantes;
- c) O processo de instrução recebida.

As dificuldades intrínsecas podem ser representadas pela existência de três níveis de descrição da matéria. Como já discutidos, os níveis para Caamaño (2007) são: macroscópico

(observacional), microscópico (atômico-molecular) e o representacional (símbolos, fórmulas e equações). Caamaño (2003) , afirma que os estudantes devem movimentar-se entre esses níveis mediante o uso da linguagem que não se diferencia de forma explícita em que nível se encontra.

Dentro das dificuldades intrínsecas da disciplina podemos apresentar o uso de diferentes modelos e teorias na aprendizagem escolar é uma das dificuldades dos alunos, pois é necessário o uso de modelos sofisticados e de diferentes teorias para mesma área conceitual dentro do estudo da Química. Esses modelos e teorias levam à necessidade de realizar sucessivos processos de integração e diferenciação conceitual ao longo da aprendizagem escolar. Temos como exemplos as teorias de ácido-base, teorias de oxirredução e as teorias sobre a velocidade das reações químicas elementares.

Outra dificuldade dentro da própria disciplina relaciona-se a ambiguidade da linguagem nos níveis descritivos. Existem termos como elemento químico, que tem um significado diferente quando se utiliza em nível macroscópico ou microscópico. Se pensarmos nele como substância simples a frase: “A água é um composto formado pelos elementos hidrogênio e oxigênio”, não seria compreendida, pois entenderíamos que a água seria formada pela mistura de hidrogênio e oxigênio. No entanto se pensarmos em elemento como sinônimo de átomo a frase pode ser interpretada corretamente. “A água é formada por átomos de oxigênio e átomos de hidrogênio, unidos por uma proporção de 2:1 formando uma molécula de água”

O termo fórmula química causa muitas dúvidas nos alunos com seus significados múltiplos ou indeterminados, como as fórmulas moleculares de elementos, fórmulas moleculares de compostos, fórmulas estruturais ou fórmulas empíricas, que por vezes coincide com a fórmula molecular com o caso da água ( $H_2O$ ).

Termos com significados diferentes na química e na vida cotidiana, como: substância pura, o adjetivo “puro” é usado no cotidiano como “produto de origem natural”, mas na química significa “ uma única substância”. O quadro 07 apresenta as dificuldades intrínseca na aprendizagem da Química.

Quadro 07 – Dificuldade de aprendizagem intrínseca na Química.

<b>DIFICULDADE DE APRENDIZAGEM INTRÍNSECA DA QUÍMICA</b>
➤ Existência de três níveis de descrição da matéria;
➤ Caráter evolutivo de modelos e teorias;
➤ Ambiguidades e limitações da linguagem química: termos, símbolos, fórmulas e representações gráficas. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ambiguidades da linguagem relativas ao nível descritivo;</li> <li>- Ausência de termos apropriados para um nível determinado;</li> <li>- Termos e fórmulas químicas com múltiplos significados ou indeterminados;</li> <li>- Termos cujo significado varia segundo um contexto teórico em que ocorrem;</li> <li>- Termo com significados diferentes na vida cotidiana e na química;</li> <li>- Limitações dos códigos representativos de diagramas e modelos estruturais.</li> </ul>

Fonte: Caamaño (2003)

Caamaño (2003) afirma que as dificuldades relativas ao pensamento e a forma como os estudantes pensam, também levam a formação de concepções errôneas. A influência da percepção macroscópica na análise do mundo microscópico, explica o porquê da resistência dos alunos em aceitar o caráter corpuscular da matéria e a existência de espaços vazios entre as partículas, entrando em contradição com sua percepção contínua da matéria.

A tendência de transferir as propriedades macroscópica das substâncias a propriedades microscópicas das partículas.

Caamaño (2007) também sistematizou as dificuldades dos alunos em Química. A interpretação das reações químicas foi um dos temas em que os alunos apresentaram maior dificuldades. Um exemplo é a afirmação que a dureza do diamante está atribuída a dureza de seus átomos.

A tendência a utilizar explicações metafísicas ou teológicas no lugar das explicações físicas ou químicas, se observa nas explicações de caráter finalista como no exemplo: “As reações químicas os produtos são mais estáveis e tem menos energia”. Outro exemplo muito comum na fala dos estudantes é que os átomos reagem para conseguir que sua última camada fique com oito elétrons.

Uso do pensamento analógico de forma superficial aparece quando por exemplo o aluno tem a ideia de que a valência de um elemento molecular ( $O_2$ ,  $P_4$ ) vem indicada por um subíndice como ocorre com subíndice de átomos adjacentes nas fórmulas de alguns compostos com

(CH<sub>4</sub>). Outra confusão ocorre quando os alunos afirmam que NaCl e SiO<sub>2</sub> são substâncias moleculares pois suas fórmulas são semelhantes a HCl e H<sub>2</sub>C que são substâncias moleculares.

Essas analogias como várias outras levam a formação de concepções alternativas com consequências na formação do conceito.

A dificuldade de transferir o conceito assimilados a outros contextos, é uma dificuldade que se verifica em vários níveis de ensino.

Caamaño (2003) exemplifica essa dificuldade lembrando que os alunos utilizam o conceito de íons somente no estudo dos eletrólitos, não relacionando as ligações iônicas que ocorrem nos sólidos. Eles também não utilizam o modelo cinético dos gases para explicar como se quebram as ligações nas moléculas de uma reação entre gases.

A dificuldade de compreender os processos que exigem ser pensados mediante uma série de etapas, faz com os estudantes simplifiquem a situação dando mais importância a uma única etapa. Como nos mecanismos de reações, os estudantes centram suas atenções na formação de novas ligações, sem levar em conta a ruptura das ligações dos reagentes.

Abaixo apresentamos o Quadro 08 com as principais dificuldades de aprendizagem em química relativas ao pensamento e a forma de raciocínio dos estudantes, por Caamaño (2007).

Quadro 08 – Dificuldades de aprendizagem de química relativas ao pensamento e a forma de raciocínio dos estudantes

<b>AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE QUÍMICA RELATIVAS AO PENSAMENTO E A FORMA DE RACIOCÍNIO DOS ESTUDANTES</b>
Influência da percepção macroscópica na análise do mundo microscópico
Tendência a transferir as propriedades macroscópicas das substâncias para as propriedades microscópicas das partículas
Tendência a utilizar explicações metafísicas ou teológicas no lugar das explicações físicas ou químicas
Uso do pensamento analógico de forma superficial
Dificuldade em transferir um conceito a um contexto diferente daquele em que aprendeu
Construção de modelos híbridos alternativos.

Fonte: Caamaño (2007)

Pozo e Gómez (2009) ao discutirem as concepções alternativas dos estudantes explicitam as possíveis origens das mesmas as quais são:

- a) Origem sensorial: concepções espontâneas
- b) Origem cultural: as representações sociais
- c) Origem escolar: as concepções analógicas

As concepções de origem sensorial são aquelas formadas de forma espontâneas, na tentativa de dar significado às atividades cotidianas e normalmente são baseadas essencialmente no uso de inferência casual aplicada sobre dados colhidos usando os processos sensorial e

perceptivo. Quando o aluno se depara com um novo problema ele tende a uma procura causal, com a finalidade de encontrar informações para a possível solução do problema. Embora essa procura tenha um alto valor adaptativo acabam por levar a erros.

No Quadro 09, Pozo e Gómez (2009) apresentam alguns exemplos da utilização de heurísticas ou regras simplificadoras na formação de concepções alternativas.

Quadro 09 – Exemplos da utilização de heurísticas ou regras simplificadoras na formação de concepções alternativas.

REGRAS	EXEMPLOS
Semelhança entre causa e efeito	Os átomos de cobre devem ter a mesma cor do metal; Se uma planta “transpira” é porque está “suando”
Contiguidade espacial	A poluição afeta somente as cidades, porque no campo se respira ar puro; A água que se condensa na parede de um copo é a água que se infiltra através da parede do copo.
Contiguidade temporal	Se temos dor de cabeça ou de estômago o culpado é última coisa que fazemos ou comemos: A forma da montanha deve-se a erosão e não aos movimentos geológicos.
Covariação qualitativa entre causa e efeito <sup>2</sup>	Quando se escuta um trovão é porque há um raio; Se um corpo se move é porque tem uma força.
Covariação quantitativa	Se temos uma panela de água no fogo fervendo e aumentamos a intensidade da chama, acredita-se que a temperatura da água também aumenta; A velocidade de queda de um objeto aumenta com o peso.

Fonte: Pozo e Gómez (2009, p. 92)

Boa parte das ideias dos alunos não são conhecimentos conceituais, mas “teorias em ação”, regras de atuação, verdadeiros procedimentos (KARMILOFF-SMITH, 1992; POZO *et. al.* 1992).

Na origem cultural, ou seja, nas representações sociais, diferentemente das regras, estas concepções para Pozo e Gómez (2009), tem sua origem não tanto nas interações diretas, sensoriais, com o mundo, mas no entorno social e cultural, de cujas ideias o aluno estaria impregnado. Assim o aluno chegaria a sala de aula com crenças socialmente induzidas sobre inúmeros fatos e fenômenos.

As concepções analógicas, quando falamos das ideias dos alunos geralmente se pensa implicitamente nas duas formas as de origem sensorial e a cultural. Essas concepções normalmente são analisadas como fontes para referir-se a possíveis “erros” conceituais dos alunos, cuja origem aparentemente está no próprio ensino recebido.

Pozo e Gómez (2009), afirmam que apresentações deformadas ou simplificadas de certos conceitos levam a uma compreensão errônea, desviada, por parte dos alunos, que não fazem mais que repetir a informação ou interpretação recebida. Podem advir de livros didáticos ou mesmo da própria explicação recebida. Alunos refletem um “erro” didático na forma como lhes são apresentados os saberes científicos, associando às suas fontes de “conhecimentos científicos” sobre o mundo de forma analógica.

Assim vemos que por diferentes vias – sensorial, cultural, e escolar – os alunos vão adquirindo uma grande bagagem de concepções alternativas fortemente enraizadas, que se misturam, dando lugar a essa difícil ciência intuitiva que se torna muito difícil de modificar nas salas de aula (POZO, GOMÉZ, 2009),

Em nossa cultura, a informação flui de modo dinâmico, mas não muito organizado. O aluno tem diversos canais de comunicações que proporcionam, praticamente sem qualquer filtro, conhecimentos supostamente científicos que, contudo, podem ser pouco congruentes entre si. A escola caberia a função de integrar ou reinterpretar essas diversas fontes de informações, permitindo, um uso mais discriminativo ou reflexivo dessas informações.

### **3. O ESTUDO DAS REAÇÕES QUÍMICAS**

Nesse capítulo apresentaremos a definição feita por alguns autores para a reação química e os principais tipos de reações. Em seguida exporemos os aspectos termodinâmicos, cinéticos e de equilíbrio químico, que subsidiam nossa discussão na proposição de que a aprendizagem deva acontecer de forma sistêmica inter-relacionando esses conteúdos.

Em linhas gerais o estudo das reações desde o ensino fundamental (9º ano) se inicia com uma abordagem paralela da Química, pois precisamos dar conta de introduzir os conhecimentos básicos de Física e Biologia também. O aluno do ensino fundamental deve ir para o Ensino Médio com o conhecimento das substâncias, pois, os estudos das propriedades físicas e químicas das substâncias são a base para o entendimento das reações químicas (HEDESA, 2013).

#### **3.1. A reação química como conteúdo de ensino**

A abordagem do tema transformações químicas envolve aspectos que entrelaçam os três níveis de conhecimento da química propostos por Johstone (1982), assim como Machado (2004), o descritivo e funcional (macroscópico) no qual se pode ver e manusear materiais, observar e descrever suas transformações; o nível simbólico (representacional) campo no qual representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações e o nível explicativo (microscópico) no qual representamos os átomos, moléculas, íons, etc.

No caderno didático “Reações químicas: aspectos relevantes, elaborado pela Secretaria de Educação de São Paulo (SEESP, 2012), a Ciência Química pode ser pensada como uma atividade/estudo do que é a compreensão da matéria, a sua composição e as suas transformações. Isso pode ser realizado de duas formas: 1) utiliza conhecimentos químicos já estabelecidos para o entendimento do processo ou, 2) estuda um processo inédito, a pessoa propõe executar uma nova reação para a transformação, gerando um novo conhecimento químico. Em ambos os casos a pessoa estará “em contato com a química” (SEESP, 2012).

Talanquer (2006) confirma a importância da Química quando diz que a geração de modelos submicroscópicas sobre a estrutura da matéria e suas transformações têm sido crucial no desenvolvimento da disciplina, e deu-lhe a capacidade de transformar sonhos em realidades. Dia após dia, os químicos usam esses modelos para criar novas substâncias, prever e controlar os produtos de uma reação química, ou para dar sentido aos problemas que enfrentam.

Na compreensão da Química é necessário entender a natureza corpuscular da matéria e suas propriedades, os estudantes do Ensino Médio assumem que a matéria pode ter uma

natureza descontínua, compreendendo que além do que seus olhos podem ver, os materiais são formados por átomos, pequenas partículas e contínuo movimento, e que a interação pode dar lugar a novos materiais. Mas aquilo que seus olhos veem não mostra espaços vazios e não podem ver os átomos em movimento, assim todos os conceitos passam a ser muito abstratos, e esse modelo interpretativo está bastante afastado da percepção e da sua intuição imediata. Mas essa noção de como é constituído os materiais são fundamentais para descrever e explicar a estrutura da matéria e todas as mudanças que podem ocorrer tanto física como quimicamente. Assim o aluno não tem como contestar os modelos já postos e aceitos, acolhe a teoria do movimento intrínseco das partículas que não podem ver, mas que passam a ter propriedades que formam os materiais no mundo macroscópico e que esse sim são concretas.

De maneira geral os processos tradicionalmente classificados tanto como químicos quanto como físicos, muitas vezes acontecem conjuntamente.

Em relação aos níveis de representação do conhecimento químico, Johnstone (1982) foi um dos primeiros pesquisadores a propor um modelo para explicar a relação entre os níveis de representação em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*”. Nesse modelo foi proposto um nível sensorial ou perceptivo (nível macroscópico), um nível molecular ou exploratório (nível submicroscópico) e um terceiro nível, o representacional (nível simbólico). Johnstone (1993) verificou inconsistências no modelo proposto e, 10 anos depois, apresenta uma nova versão para seu modelo com algumas alterações, agora denominado como “*componentes de uma nova Química*” e que, em um novo artigo (JOHNSTONE, 2000) passa a denominá-lo de “*formas de uma natureza para a Química*”. Os componentes da nova Química seriam a macroquímica do tangível, do concreto, do mensurável; a submicroquímica do molecular, do atômico e cinético; e uma Química do representacional que corresponde aos símbolos, às equações e fórmulas químicas.

Em Química, transformação e conservação pode também ser apresentada por meio de expressões matemáticas, como nas equações químicas em que a igualdade representa uma transformação química, com diferentes substâncias de cada lado da equação e cujos coeficientes numéricos também expressam uma conservação material. O fato de que nenhum átomo desapareceu ou surgiu, mas simplesmente combinou-se de outra forma, com outra substância (BRASIL, 2002).

As Transformações químicas no dia-a-dia podem ocorrer de formas rápidas e lentas e com suas evidências macroscópicas como mudança de cor, liberação de gás, aumento ou diminuição da temperatura com liberação ou absorção de energia nas transformações.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002a) é necessário para um aluno ao concluir o Ensino Médio desenvolver as habilidades e competências, relativas ao conteúdo, não de forma isolada e fragmentada, mas inter-relacionados para a ampliação de uma visão global.

No tema reações químicas segundo os PCN+ (BRASIL, 2002b), procura-se construir um primeiro entendimento da transformação química e suas regularidades, perceptíveis ou não, através da observação que ocorre em um certo intervalo de tempo, com relações proporcionais entre as massas dos reagentes e dos produtos, entre massa e energia (balanço energético), e cujos reagentes e produtos podem ser isolados e caracterizados por suas propriedades. Em geral, tais conceitos são apresentados de forma isolada, alguns superficialmente, outros aprofundadamente, mas sem articulação que permita a construção de uma ideia significativa e abrangente da transformação química. O desenvolvimento deste tema permite o desenvolvimento de competências gerais como: articular e traduzir a linguagem do senso comum para a científica e tecnológica; identificar dados e variáveis relevantes presentes em transformações químicas; selecionar e utilizar materiais e equipamentos para realizar cálculos, medidas e experimentos; fazer previsões e estimativas; compreender a participação de eventos químicos nos ambientes naturais e tecnológicos (BRASIL, 2002b). Nas unidades temáticas os PCN+ (BRASIL, 2002b) apresenta-se como objetivos para o ensino de Química:

1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas
  - a) Reconhecer as transformações químicas por meio de diferenças entre os seus estados iniciais e finais.
  - b) Descrever transformações químicas em diferentes linguagens e representações, traduzindo umas nas outras.
  - c) Reconhecer que a transformação química ocorre em certo intervalo de tempo.
  - d) Identificar formas de energia presentes nas transformações químicas.
  - e) Reconhecer transformações químicas que ocorrem na natureza e em diferentes sistemas produtivos ou tecnológicos;
  - f) Buscar informações sobre transformações químicas que ocorrem na natureza em diferentes sistemas produtivos e tecnológicos.
2. Relações quantitativas de massa: conservação da massa nas transformações químicas (Lavoisier); proporção entre as massas de reagentes e de produtos (Proust); relação entre calor envolvido na transformação e massas de reagentes e produtos.
  - a) Compreender a Conservação da massa entre reagentes e formação de produtos;

- b) Compreender e utilizar a conservação da massa nas transformações químicas;
  - c) Compreender e utilizar a proporção de reagentes e produtos nas transformações químicas;
  - d) Estabelecer relação entre o calor envolvido nas transformações químicas e as massas de reagentes e produtos;
  - e) Representar e interpretar informações sobre variáveis nas transformações químicas por meio de tabelas e gráficos;
  - f) Fazer previsões de quantidades de reagentes, de produtos e energia envolvida em uma transformação química;
  - g) Buscar informações sobre as transformações químicas que ocorrem na natureza e nos sistemas produtivos;
  - h) Associar dados e informações sobre matérias-primas, reagentes e produtos de transformações químicas que ocorrem nos sistemas produtivos, com suas implicações ambientais e sociais.
3. Reagentes, produtos e suas propriedades: caracterização de materiais e substâncias que constituem os reagentes e produtos das transformações em termos de suas propriedades; separação e identificação das substâncias.
4. Relação entre quantidade de matéria e energia; estequiometria e rendimento, concentração de soluções.
5. Representação de transformações químicas: representação das substâncias e do rearranjo dos átomos nas transformações químicas – símbolos, fórmulas e equações.
- a) Representar as substâncias e as transformações químicas a partir dos códigos, símbolos e expressões próprios da Química.
  - b) Traduzir a linguagem simbólica da Química, compreendendo seu significado em termos microscópicos.
  - c) Utilizar fontes de informações para conhecer símbolos, fórmulas e nomes de substâncias.
  - d) Traduzir, em termos de quantidade de matéria (mol), as relações quantitativas de massa nas transformações químicas.

- e) Traduzir as relações entre massa e energia nas transformações químicas em termos de quantidade de matéria e energia.
  - f) Compreender as relações quantitativas de massa, de quantidade de matéria (mol) nas transformações químicas que ocorrem em soluções de acordo com suas concentrações e associá-las à estequiometria da transformação.
6. Correlacionar dados relativos à concentração de certas soluções nos sistemas naturais a possíveis problemas ambientais.
- a) Estabelecer relação entre a estequiometria e o rendimento das transformações químicas, e prever, em função dessa relação, quantidades envolvidas nas transformações químicas que ocorrem na natureza e nos sistemas produtivos, industrial e rural.
  - b) Propor procedimentos experimentais para conhecer as quantidades envolvidas e o rendimento de uma transformação química;
7. Compreender sobre a produção e consumo de energia térmica e elétrica nas transformações químicas: Entalpia de reação (balanço energético entre ruptura e formação de novas ligações); reações de óxido-redução envolvidas na produção e consumo de energia elétrica; potenciais de eletrodo; energia de ligação.
- a. Identificar a produção de energia térmica e elétrica em diferentes transformações químicas;
  - b. Relacionar a formação e a ruptura de ligação química com energia térmica;
  - c. Compreender a entalpia de reação como resultante do balanço energético advindo de formação e ruptura de ligação química;
  - d. Prever a entalpia de uma transformação química a partir de informações pertinentes obtidas em tabelas, gráficos e outras fontes;
  - e. Relacionar a energia elétrica produzida e consumida na transformação química e os processos de oxidação e redução;
  - f. Compreender os processos de oxidação e de redução a partir das idéias sobre a estrutura da matéria;
  - g. Prever a energia elétrica envolvida numa transformação química a partir dos potenciais-padrões de eletrodo das transformações de oxidação e redução;
  - h. Compreender a evolução das ideias sobre pilhas e eletrólise, reconhecendo as relações entre conhecimento empírico e modelos explicativos;
  - i. Buscar informações sobre transformações químicas que produzem energia utilizada nos sistemas produtivos;

- j. Avaliar as implicações sociais e ambientais do uso de energia elétrica e térmica provenientes de transformações químicas.
- 8. Compreender a energia e estrutura das substâncias: Identificar e compreender a energia envolvida na formação e na quebra de ligações químicas. Variáveis que modificam a rapidez de uma transformação química; modelos explicativos.
  - a) Observar e identificar transformações químicas que ocorrem em diferentes escalas de tempo;
  - b) Reconhecer e controlar variáveis que podem modificar a rapidez de uma transformação química (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação, catalisador);
  - c) Propor e utilizar modelos explicativos para compreender a rapidez das transformações químicas;
  - d) Reconhecer as relações quantitativas empíricas entre rapidez, concentração e pressão, traduzindo-as em linguagem matemática;
  - e) Propor procedimentos experimentais para determinar e controlar a rapidez de uma transformação química.
- 9. O aluno do Ensino Médio deve compreender sobre o estado de equilíbrio químico: Coexistência de reagentes e produtos; estado de equilíbrio e extensão da transformação; variáveis que modificam o estado de equilíbrio; previsões quantitativas, modelos explicativos.
  - a) Reconhecer que, em certas transformações; químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação);
  - b) Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico;
  - c) Representar, através da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química.

Os conhecimentos Químicos e habilidades necessárias para a aprendizagem de Química no Ensino Médio também são discutidas nas As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM, 2006)

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação, constituem um conjunto de definições sobre princípios, fundamentos e procedimentos a serem observados na organização pedagógica e curricular de cada unidade escolar (BRASIL, 1998, Art. 1º). Para os DCNEM, (2006) as propostas pedagógicas das escolas e os respectivos currículos incluem a definição das formas de tratamento aos conteúdos e aos conceitos, o que, por sua vez, inclui definições sobre os contextos e os temas sociais

articuladores dos processos de conhecimento vinculados às competências básicas da formação, às Orientações Curriculares do Ensino Médio, traz um sentido de competências básicas expresso nos PCNEM (BRASIL, 2002b), apresentado no quadro 10:

Quadro 10 - Conhecimentos químicos, habilidades, valores da base comum

<b>Conhecimentos químicos, habilidades, valores da base comum</b>			
<b>Transformações</b>			<b>Modelos de constituição</b>
<b>Caracterização</b>	<b>Aspectos energéticos</b>	<b>Aspectos dinâmicos</b>	<b>Transformações químicas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• identificação das transformações químicas por meio das propriedades das substâncias</li> <li>• compreensão e representação dos códigos, dos símbolos e das expressões próprios das transformações químicas e nucleares (reversibilidade, catalisador, aquecimento; H)</li> <li>• compreensão do significado do coeficiente estequiométrico;</li> <li>• reconhecimento e compreensão de propriedades químicas como efervescência, fermentação, combustão, oxidação, corrosão, toxidez; degradabilidade; polimerização, acidez, neutralidade e alcalinidade</li> <li>• compreensão de como os químicos preveem o rendimento de uma reação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• identificação de formas de variação de energia nas transformações químicas</li> <li>• identificação de produção de energia térmica e elétrica em transformações químicas e nucleares (fissão e fusão)</li> <li>• compreensão do conceito de calor e sua relação com as transformações químicas e com a massa dos reagentes e dos produtos</li> <li>• compreensão do significado das aplicações das primeiras e segunda leis da termodinâmica no estudo das transformações químicas</li> <li>• compreensão qualitativa do conceito de entalpia, entropia e potenciais-padrões de eletrodo</li> <li>• compreensão de como os químicos podem prever variação de energia térmica e elétrica nas reações químicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reconhecimento e identificação de transformações químicas que ocorrem em diferentes intervalos de tempo</li> <li>• identificação de variáveis que podem modificar a rapidez de uma transformação química (concentração, temperatura, pressão, estado de agregação, catalisador)</li> <li>• reconhecimento de que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação)</li> <li>• identificação de variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico</li> <li>• compreensão do significado da expressão matemática de constante de equilíbrio químico</li> <li>• compreensão do conceito de pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• compreensão da transformação química como resultante de “quebra” e formação de ligações químicas</li> <li>• compreensão de diferentes modelos para explicar o comportamento ácido-base das substâncias</li> <li>• proposição de modelos explicativos para compreender o equilíbrio químico</li> <li>• proposição e utilização de modelos explicativos para compreender a rapidez das transformações químicas</li> <li>• compreensão da relação entre o calor envolvido nas transformações químicas e as massas de reagentes e produtos</li> <li>• compreensão da entalpia de reação como resultante do balanço energético advindo de formação e ruptura de ligação química</li> <li>• compreensão da relação entre energia elétrica produzida e consumida na transformação química e os processos de oxidação e redução</li> <li>• compreensão dos processos de oxidação e redução a partir das ideias de estrutura da matéria</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (2006, p. 113)

Como se pode observar nesse documento, referencia do currículo brasileiro, a reação química apresenta -se como um conteúdo chave para o entendimento da Química. Na matriz do OCNEM, (2006) o conteúdo de cinética química, aparece dentro do quadro que apresenta as reações química e sua constituição, não ganhando destaque como a constituição energética e o equilíbrio químico.

A matriz de referência do ENEM (2009) o documento apresenta as competências para as áreas do ensino. A Matriz de Referência da Ciências da Natureza e suas Tecnologias a competência 7, apresenta as habilidades necessárias para a compreensão das transformações químicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas.

H24 – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios

O conteúdo de Química também é abordado no documento (ENEM, 2009) para a compreensão de reações químicas.

1. Transformações Químicas e Energia - Transformações químicas e energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess. Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday. Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.
2. Dinâmica das Transformações Químicas - Transformações Químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação: concentração, pressão, temperatura e catalisador.

3. Transformação Química e Equilíbrio - Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da velocidade e do equilíbrio químico no cotidiano.

Como se pode observar nesses documentos referencias do currículo brasileiro, a reação química apresenta -se como um conteúdo chave para o entendimento da Química. Na matriz dos DCNEM (2006), o conteúdo de cinética química, aparece dentro do quadro que apresenta as reações química e sua constituição, não ganhando destaque como a constituição energética e o equilíbrio químico.

### 3.2. Definições de uma reação química

O conceito de reação química tem sido objeto de muitas investigações. Pesquisado por muitos autores como um conceito problemático para o ensino e a aprendizagem tanto para o Ensino Médio como para os universitários (LOPES, 1992; MORTIMER, MIRANDA, 1995; ROSA, SCHNETZLER, 1998; TALANQUER, 2006; FURIÓ, FURIÓ, 2000; RIBEIRO, 2008; NÚÑEZ, SILVA, 2008).

Uma modificação na qual a substância varia sua aparência ou sua propriedade, mantendo sua identidade foi a definição dada por Anderson (1990), para uma transformação química.

Uma definição para reação química encontrada em muitos livros do Ensino Médio é: “A reação química é um processo no qual uma substância (ou substâncias) transforma para formar uma ou mais substâncias novas” (CHANG, 1999).

Assim, não se menciona na definição que a interação entre as substâncias é necessária, porém, não suficiente para se obter uma reação química (FURIÓ, DOMINGUÉZ, 2007). A definição sugerida pelos autores é:

“Uma reação química é um processo no qual uma substância ou várias substâncias se formam a partir de outra ou outras” (FURIÓ, DOMINGUÉZ, 2007).

As reações químicas ocorrem, segundo Reyes e Garritz (2006), porque as moléculas estão se movendo e colidem com violência suficiente para que as ligações se rompam e os átomos se interligam para formar novas moléculas. Ou seja, uma molécula que está vibrando com violência suficiente pode romper-se em moléculas menores.

Brady *et. al.* (2009) considera uma reação química como: Uma propriedade que quase todas as substâncias apresentam é a capacidade de se combinar com outras substâncias, a este

fenômeno dar-se o nome de reação química, ou seja, processo que altera a constituição da matéria dentro de seus componentes. Durante as reações químicas, as propriedades das substâncias mudam, às vezes drasticamente. Assim as propriedades que as substâncias apresentam antes da reação, muitas vezes, são diferentes das propriedades depois da reação.

Para esses autores uma reação química se processa pelo número de choques efetivos que há entre as entidades que participam dela (os reagentes). Desse modo, quanto mais entidades contidas em um determinado espaço físico, maior a probabilidade de que esse choque efetivo ocorra. Assim, espera-se que quanto maior a concentração de um determinado reagente, maior a velocidade da reação.

Uma reação química pode ser definida como um processo que modifica as propriedades das substâncias envolvidas, processo este onde a massa é conservada, assim como os elementos que constituem os compostos. As substâncias são caracterizadas por suas propriedades físicas e químicas (LAUGIER, DUMON, 2004).

Para que uma reação ocorra, as moléculas dos reagentes devem se aproximar de modo que os átomos possam ser trocados ou rearranjados. Os átomos e as moléculas são móveis na fase gasosa ou em solução e, portanto, as reações são realizadas frequentemente usando-se uma mistura de gases ou soluções dos reagentes. Nessas circunstâncias diversos fatores como concentração dos reagentes, temperatura e presença de catalisadores, afetam a velocidade da reação. Se o reagente for sólido, a superfície de contato também influencia na velocidade da reação (KOTZ, TREICHEL, 2005).

De acordo com Jensen (1998), a reação química envolve interações dos elétrons que pertencem aos átomos participantes do processo. Quando ocorre essa interação, acontece o rearranjo dos átomos, onde ligações químicas são rompidas e novas ligações são formadas, havendo troca de energia, o que pode ser mensurado a partir de um balanço energético.

Outras definições incorretas de textos pesquisadas por Andersson (1990) indicam que os professores associam às transformações físicas como reversíveis e transformações químicas como irreversíveis ou permanentes (15%): “Fenômenos químicos são todas aquelas transformações que alteram as propriedades das substâncias de modo definitivo e permanente”. Por outro lado, a análise das respostas dadas por professores mostra uma grande variedade de termos sobre o conceito de reação química como: interação (22%), processo (16%), transformação (15%), mudança (15%), fenômeno (11%) e combinação (9%).

Não existe um limite definido entre transformação física e transformação química, como tão pouco há entre a Física e Química e, seguramente, entre elas e outras ciências. Por exemplo, e referenciando a Garritz (2007), a transformação alotrópica do grafite em diamante pode

considerar-se uma transformação química, dada a transformação enorme do entorno de cada átomo de carbono, já que apesar de ambas as espécies conterem o mesmo elemento (carbono), têm propriedades físicas diferentes, embora suas propriedades químicas sejam similares, como reagir com o oxigênio para formar dióxido de carbono. No entanto, a vaporização do diamante, que seria uma transformação estrutural mais perceptiva que a transformação alotrópica, é considerada uma transformação física, em que ocorre a mesma ruptura das ligações covalentes (GARRITZ, RAVIOLO, 2007)

São menos frequentes nos livros de química as definições de reação química em termos de partículas: “Reação química é uma transformação que implica em redistribuições de elétrons e/ou átomos para formar produtos diferentes dos compostos iniciais” (ACS, 2005). Esta definição recorre a conceitos do nível macroscópico, onde os estudantes têm que ter noções sobre átomos e elétrons.

Uma reação química no nível macroscópico, segundo Mendes (2011), é definida como um processo que modifica as propriedades das substâncias presentes no meio reacional, um processo onde a massa é conservada, bem como os átomos que constituem os compostos.

Segundo a autora uma reação química no nível microscópico torna-se um processo de reorganização das partículas (unidades da matéria divisível) que formam as substâncias de origem, através do qual o número e a identidade dos átomos são conservados. Neste processo de reorganização dos átomos, as ligações entre os átomos nas substâncias que reagem, são rompidas e os átomos se reagrupam, formando novas ligações, originando novas substâncias, que são os produtos.

Por sua vez, Gillespie *et al.* (1994, p. 18) definem: “Uma reação química é um processo no qual os átomos das moléculas reativas se reagregam até formar as moléculas dos produtos”.

A International Union of Pure Applied Chemistry (IUPAC) define reação química (McNAUGHT, WILKINSON, 1997), como retratado no Quadro 11:

Quadro 11 - Definição de reação química segundo a IUPAC

Reação química: Um processo que resulta na interconversão de espécies químicas. As reações químicas podem ser reações elementares ou reações por passos (reações sucessivas). As reações químicas detectáveis normalmente envolvem conjuntos de entidades moleculares, como indica sua definição, embora é conveniente conceitualmente utilizar muitas vezes o termo para transformações que envolvem entidades moleculares simples (i. e. ‘sucessos químicos microscópicos’).
--

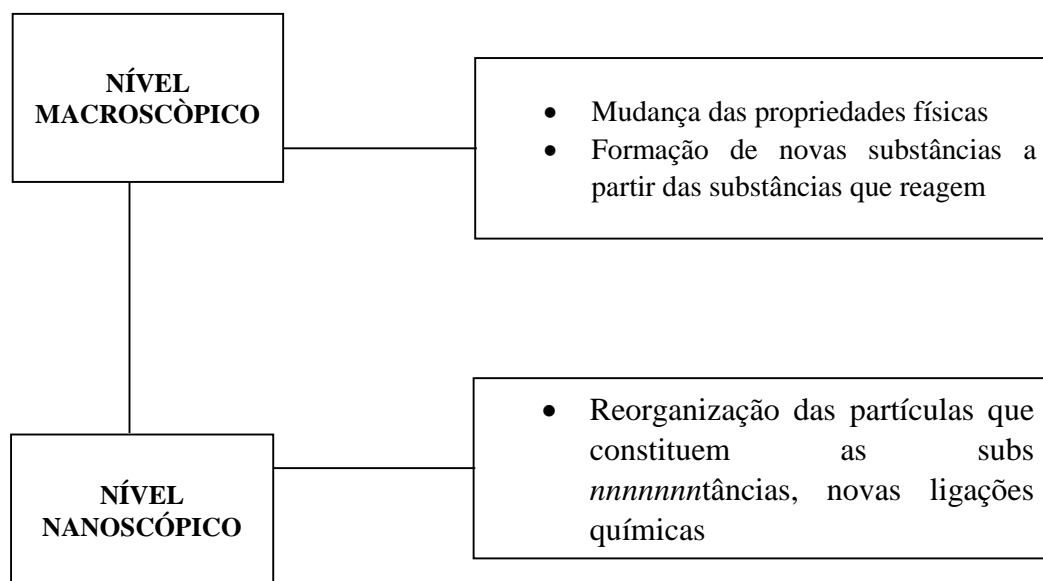
Fonte: McNaught, Wilkinson (1997)

No que diz respeito ao estudo das reações químicas, Mortimer e Miranda (1995) demonstraram que o entendimento deste conteúdo depende do reconhecimento de que a matéria

(os materiais) é (são) formada (s) por átomos e que esses átomos são conservados durante as reações químicas.

O estudo de uma reação química se inicia quando se diferencia a substância simples de uma composta, é preconizada a partir de uma separação de misturas identificando os compostos químicos e o estabelecimento da lei da conservação da massa de Lavoisier. De acordo com essa visão uma reação química é um processo pela qual uma substância química com determinadas propriedades se transforma em outras de natureza e propriedades diferentes (MENDES, 2011).

Esquema 01 – Principais características das reações químicas para os níveis macroscópicos e nanoscópicos



Fonte: o pesquisador

A química tem um objetivo claramente definido: explicar e prever as propriedades das substâncias novas e das conhecidas, tais como as características dos processos de transformação em que as substâncias participam. Seu objetivo teórico principal é modelizar a estrutura das substâncias e das reações químicas para poder prever o comportamento dos sistemas químicos.

Portanto ela tem um objetivo prático que é obter novas substâncias para suprir as novas necessidades de uma sociedade do consumo como a nossa, pois temos sempre a necessidade de uma maquiagem, um novo medicamento, uma nova tecnologia e dificilmente nos damos conta que a química está presente em todos eles.

O conceito de reações químicas pode ser amplamente explorado na disciplina de Física no estudo das transformações gasosas. Em Química, essas reações são estudadas em Físico-Química, que é a parte da ciência que estuda as transformações dos materiais.

Para que sejam estudadas as propriedades das transformações, é necessário conhecermos as propriedades físicas da matéria, tais como temperatura, pressão, concentração, volume, dentre outras.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006), recomendam que as propostas pedagógicas das escolas sejam organizadas com a participação das áreas de estudo, de forma que aspectos sociocientíficos sejam associados a temas sociais, como meio ambiente, estruturando o conhecimento disciplinar de Química e deixando-o articulado com os demais componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e Matemática, bem como as demais áreas de estudo.

A Físico-Química está diretamente relacionada com a termoquímica, que está diretamente ligada à termodinâmica, onde se investiga as trocas de calor das substâncias, tornando possível prever o momento em que ocorrerá o equilíbrio térmico.

O conhecimento de uma das mais importantes reações associada ao metal, a reação de óxido- redução - que envolve transferência de elétrons, tem desdobramento em relação ao conteúdo químico estudado, permitindo assim que outras disciplinas possam contribuir com o foco do estudo. A Filosofia e a História ajudando na compreensão da evolução tecnológica da antiguidade ao século XX. A Geografia levando a aprofundar o conhecimento dos minérios e minerais. A língua portuguesa auxiliando na leitura e produção de textos. A Biologia levantando os aspectos bioinorgânicos do ferro. A Matemática e a Física demonstrando a utilização do metal através dos tempos por meio de gráficos.

Nas DCNEM (Brasil, 2013), são propostos temas gerais como: Química e biosfera, Química e atmosfera, Química e hidrosfera e a Química e litosfera. Sendo utilizados de acordo com a necessidade da escola e sua região.

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2006), chamam a atenção para que a articulação com outras disciplinas não aconteça de forma fragmentada e não prescritiva com o desenvolvimento da educação ambiental conforme o Plano Nacional de Educação (2000).

E surge a interdisciplinaridade (integração de dois ou mais componentes curriculares na construção do conhecimento), ou mais, a transdisciplinaridade (abordagem científica que visa a unidade do conhecimento) e uma preocupação com a fragmentação dos conteúdos.

Os PCN+ (BRASIL, 2002b), preocupam-se com a articulação da interdisciplinaridade e afirma:

Essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido

pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz. É esse contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas, seja a energia da célula, na Biologia, da reação, na Química, do movimento, na Física, seja o impacto ambiental das fontes de energia, em Geografia, a relação entre as energias disponíveis e as formas de produção, na História. Não basta, enfim, que energia tenha a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida, deve-se dar ao aluno condições para compor e relacionar, de fato, as situações, os problemas e os conceitos, tratados de forma relativamente diferente nas diversas áreas e disciplinas (BRASIL, 2002b, p.31).

A questão da inserção da interdisciplinaridade de forma efetiva nas licenciaturas em Química, Física, Biologia e Matemática, motivou um grupo de professores universitários brasileiros a formar o Grupo de Estudos em Ensino de Ciências e Matemática (GREECIM) com o propósito de trabalhar de forma conjunta na superação da fragmentação do conhecimento (MESQUITA *et al*, 2007)

O GREECIM desenvolveu atividades elaboradas com conteúdo de Biologia e Química, disciplinas que se interrelacionam. Reações químicas e fotossíntese, assim como, a fabricação do carvão vegetal e a poluição do ar, são exemplos de temas que se relacionam, podendo ser trabalhados interdisciplinarmente (MESQUITA *et al*, 2007)

Os PCN+ (BRASIL, 2002b), afirmam que isso implica de certa forma, um conhecimento de cada uma das disciplinas também pelos professores das demais, pelo menos no nível do Ensino Médio, o que resulta em uma nova cultura escolar, mais verdadeira, pois se um conhecimento em nível médio de todas as disciplinas é o que se deseja para o aluno, seria pelo menos razoável promover esse conhecimento na escola em seu conjunto, especialmente entre os professores. Para isso, os professores precisam relacionar as nomenclaturas e os conceitos de que utilizam com os que usam nas demais disciplinas, construindo, com objetivos mais pedagógicos do que epistemológicos, uma cultura científica mais ampla.

Na transdisciplinaridade o Ensino de Ciências no Ensino Médio deve ser compreendido como importante eixo de formação do estudante, para inserção do indivíduo na Sociedade Moderna. Podemos exemplificar a relação entre a Química com a Arte, visto que existem inúmeros conceitos epistemológicos correlacionados aos estudos dos materiais utilizados em obras de arte, bem como, às sensações provocadas pela admiração de uma obra artística, ou mesmo a Química relacionada a uma restauração de uma obra de arte.

Segundo PACHECO *et. al.* (2003), desde o século XIX a produção industrial das pinturas e de outros materiais artísticos incentivou artistas a experimentar novos e incomuns materiais. Além disso, com o surgimento de novos gêneros artísticos, no século XX, as transformações químicas transformaram-se numa parte central da Arte Moderna. As reações químicas (a transformação qualitativa dos materiais) foram o assunto do fascínio artístico e

filosófico sempre desde a época da *Alquimia* - tanto que se transformaram em alegorias e a essências dinâmicas da natureza.

### 3.2.1. Tipos de reações químicas

O conceito de reações químicas, como modelo do objeto de estudo, se refere a todas as transformações que podem ser interpretadas, explicando os modelos teóricos estudados no Ensino Médio. Os estudantes devem seguir o caminho do abstrato ao concreto no estudo desse conteúdo, ou seja, do geral ao particular (na opinião de Vygotsky, de cima para baixo, e na opinião de Ausubel, dos conceitos inclusores para os mais específicos).

Dessa forma, os tipos de reações químicas se compreendem dentro de uma definição mais geral.

As transformações químicas da matéria são usualmente classificadas em três categorias, muito embora a separação entre elas seja bastante tênue (SEESP, 2012):

1. Transformações físicas: quando muda a forma, o tamanho, o movimento ou o estado de agregação da matéria. A energia envolvida é geralmente pequena. A identidade da matéria é mantida numa transformação desse tipo. No caso de um copo de vidro que é quebrado, os cacos de vidros são formados por matéria com a mesma composição da que formava inicialmente o copo, ou seja, mesma natureza da matéria.
2. Transformações químicas: quando se obtém uma nova substância com propriedades diferentes das substâncias iniciais. Um exemplo típico de reação química que ocorre em nosso cotidiano é a combustão da mistura de gás de cozinha (constituído principalmente por butano, formado por átomos de carbono e hidrogênio) e oxigênio do ar, usado em fogões domésticos. Os produtos gasosos da reação, geralmente dióxido de carbono e água, embora tenham propriedades diferentes das dos reagentes, são formados pelos mesmos átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio presentes inicialmente nos reagentes. As combustões são todas transformações exotérmicas. A energia absorvida ou liberada é maior que no caso das mudanças físicas.
3. Transformações nucleares: quando se modifica a constituição de um núcleo atômico. Nesse caso, é frequente que um elemento se transforme em outro, num processo conhecido como “transmutação nuclear”. Um exemplo típico deste tipo de transformação é a desintegração natural do urânio-238, que emite uma partícula alfa (núcleo de um átomo de hélio), transmutando-se num núcleo de torio-234. A

quantidade de energia envolvida é enorme, milhares de vezes maiores que as das transformações químicas (SEESP 2012).

Andersson (1990) apresenta alguns modelos encontrados em suas pesquisas e que explicam uma transformação química no olhar de estudantes. Estes modelos estão resumidos a seguir:

- a) A transformação química concebida como *desaparecimento* de produtos onde alguns alunos fazem menção de gases de escape.
- b) Reação química imaginada como um *deslocamento* de matéria, em que os componentes da reação desaparecem do material original, reaparecendo em outro lugar. Além de a combustão de gasolina ou madeira (neste caso apenas queimar ou deslocar os componentes combustíveis da madeira) componente de madeira de combustível, também exemplificado dissolução água com açúcar desde que uma mistura homogênea.
- c) Uma terceira categoria de reação química é a *modificação* no qual o material muda a sua aparência, mas ainda mantendo a sua identidade. Muda, no entanto, algumas propriedades iniciais como cor, odor e etc.
- d) A quarta categoria é o processo químico de *transmutação*, como material de onde muitas subcategorias são agrupadas, por exemplo, as substâncias são transformadas em novas sem nenhuma relação com o original, a conversão de matéria em energia e energia em matéria, e assim por diante. Normalmente associamos esta idéia com uma analogia que tem registrado em sua memória, observando algum evento.
- e) Finalmente, a reação seguinte como a *interacção substancial* aceita pelo modelo atômico daltôniano. Somente 2% dos estudantes que participaram da pesquisa utilizaram esse modelo.

Tradicionalmente, as reações químicas podem ser classificadas de acordo com o número de reagentes e produtos em cada lado da equação química que representa a reação:

- a) Reações de síntese, composição, combinação ou adição;
- b) Reações de análise ou decomposição;
- c) Reações de simples troca ou deslocamento;
- d) Reações de dupla troca ou metátese;

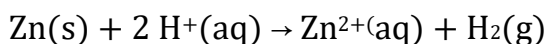
Também podemos classificar as reações em dois tipos, utilizando outra sistemática:

- a) Reações de oxirredução ou reações redox;
- b) As demais reações.

Através de tipos simples de reações, de combinação, de decomposição e de combustão, que são bastante frequentes, observaremos como é possível prever os produtos de algumas reações conhecendo apenas seus reagentes. O segredo de prever os produtos formados em determinada combinação dos reagentes é reconhecer padrões de reatividade para uma classe de substância.

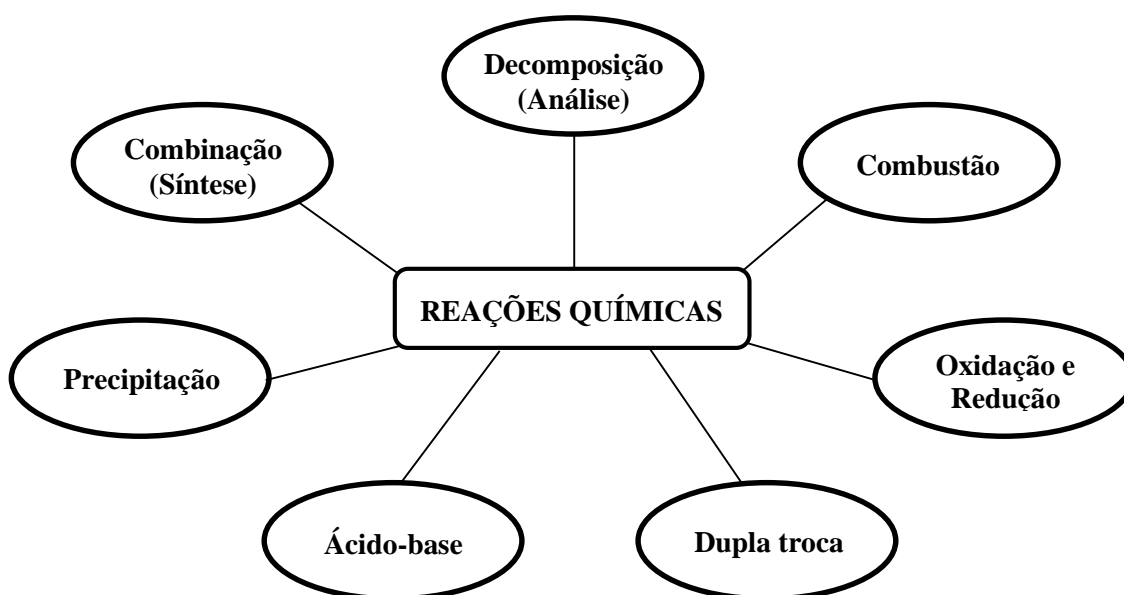
O conceito de oxidação passou por algumas modificações e, atualmente, refere-se a perda de elétrons que são transferidos do átomo oxidado para o átomo reduzido estabelecendo o processo redox.

Um exemplo simples de reação redox é a que ocorre quando zinco metálico é adicionado a um ácido forte, por exemplo, o ácido clorídrico. Os elétrons são transferidos dos átomos de zinco (o zinco é oxidado) para os íons de hidrogênio (o hidrogênio é reduzido). A equação que representa a reação que ocorre é:



As reações de oxirredução (redox) estão entre as reações químicas mais comuns e mais importantes. Elas estão envolvidas em uma grande variedade de processos importantes como a ferrugem do ferro, a fabricação e ação de alvejantes e a respiração dos animais. A figura 06 representa um esquema para os principais tipos de reações químicas.

Esquema 02 – Tipos de reações químicas



Fonte: o pesquisador

As reações orgânicas ocorrem normalmente em etapas. Cada etapa tem uma energia associada a ela, para a ruptura e formação de novas ligações. Segundo Paiva (2004) para o entendimento da reatividade dos compostos orgânicos, alguns conhecimentos são essenciais, onde se destacam: a eletronegatividade, a acidez e basicidade, segundo a definição de Lewis, noções de nucleófilia e eletrófilia, a polarizabilidade, bem como o uso adequado das setas e curvas na representação dos mecanismos e dos tipos de reações dos compostos orgânicos.

Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos formados somente por carbonos e hidrogênios e os alcanos são compostos que possuem somente ligações simples entre carbono e hidrogênio (saturado).

Alcanos não são muito reativos, mas sofrem vários tipos de transformações, eles não têm grupos funcionais e, portanto, não podem sofrer as reações eletrófilicas e nucleófilas típicas dos compostos funcionalizados (os grupos funcionais são o centro da reatividade das moléculas orgânicas). Esses processos como a combustão e a halogenação, são chamados de reações via radicais. Para a ocorrência da reação o processo se inicia com uma dissociação de uma ligação. A halogenação introduz um grupo funcional reativo na molécula original, transformando um alcano em um halogenoalcano, o que permite várias transformações químicas. Essas reações têm importante papel na química biológica, ambiental e industrial (VOLLHARDT, 2004)

Os mecanismos que envolvem radicais livres têm três etapas: iniciação, propagação e terminação.

A iniciação gera as espécies reativas, permitindo que as outras etapas aconteçam.

As etapas que ocorrem depois da iniciação são autossustentadas ou autopropagáveis, isto todas as etapas intermediárias ocorrem sem a necessidade de agentes externos. As combinações entre radicais livres são chamadas de terminações.

Substituição nucleofílica em carbono saturado; Reações de eliminação; Reações de adição eletrofílica; Adição nucleofílica ao grupo carbonila; Reações de condensação; Adição a sistemas conjugados e Reações de substituição aromáticas são reações orgânicas importantes (VOLLHARDT, 2004).

As reações de substituição nucleofílica, SN1 e SN2, ocorrem quando uma espécie que contém um par de elétrons não compartilhados (nucleófilo) reage com um haleto de alquila (substrato) deslocando o seu halogênio. As reações de substituição são utilizadas na fabricação de pesticidas, clorofórmio, nitrobenzeno (SOLOMONS, 1982).

As reações de adição via radical a um alqueno é um radical alquila e os produtos finais tem regioquímica antimarkovnikov. A regra de Markovinkov é aplicada para prever os produtos nas reações de adição de hidretos de halogênios.

As principais reações com álcoois são: a esterificação, desidratação, oxidação e a fermentação. A desidratação é uma reação que envolve a perda de água. Essa perda de água pode ser intramolecular ou intermolecular. Ésteres podem ser sintetizados por reações de álcoois com ácidos carboxílicos, essas reações são chamadas de esterificação (SOLOMONS, 1982).

Os ésteres sofrem o processo de transesterificação na produção de éster a partir de outros ésteres. Essa reação é utilizada na produção do biodiesel. Sua hidrogenação produz gordura que são utilizadas industrialmente em receitas como a dos biscoitos recheados.

A fermentação é utilizada em larga escala para utilizar a grande quantidade de etanol necessário para produzir combustível (chamado de combustível verde), basea-se digestão celular de açúcares (glicose). Os álcoois sofrem reações de: oxidação, redução e adições de organometálicos a aldeídos e cetonas.

Para entender a Química como ciência, como uns desafios intelectuais, não podemos olhar para uma transformação química representada por uma equação química e pensar que ali temos apenas de uma coleção de fatos sem sentidos e explica-los isoladamente, eles devem ser trazidos nas explicações dos estudantes como conceitos conectados formando um único sistema e como as questões para as quais foram solicitadas as respostas.

Para conseguirmos que nossos estudantes atinjam esse nível de entendimento precisamos fornecer uma verdadeira apreciação da extensão e limitações da capacidade humana de entender a natureza, preferencialmente através da sistematização de atividades, de uma organização dos conteúdos que nos propicie essas conexões e através das experiências pessoais dos alunos. Principalmente, eles devem ser encorajados a perguntar o porquê das coisas.

Como todos os conceitos científicos, definições de reações químicas provêm de um processo de classificação e abstração do mundo real. São uma construção humana, uma forma de aproximação da realidade que busca simplicidade dentro da complexidade. Seguramente, e apesar das dificuldades estas classificações das transformações químicas seguem sendo útil ao ensino (PALMER, TREAGUST, 1996).

### 3.2.2. Aspectos de uma reação Química: Qualitativos, Quantitativos, Energéticos, Cinéticos e de Equilíbrio

È muito importante lembrar que os conceitos são dinâmicos, evoluem a medida que adquirimos novos conhecimentos. A Ciência não é estática, está em constante evolução, as hipóteses, teorias e os modelos elaborados para explicar e ilustrar essas teorias, está relacionado ao conhecimento científico de uma determinada época.

Para Hedesa (2013) para a compreensão de como uma reação química ocorre precisamos relacionar seus aspectos:

- a) A energia envolvida na reação química
- b) A velocidade da reação
- c) O equilíbrio e os fatores externos que podem ou não o modifica.

Nosso trabalho corrobora e complementa a afirmação de Hedesa (2013), pois, uma transformação química quando explicada como um sistema complexo devem ser observados os parâmetros termoquímicos, cinéticos, equilíbrio químico, aspectos quantitativos e qualitativos da reação química.

Sanderson (1968) em seu artigo “Por que o metano queima” preocupa-se com o aspecto fragmentador do conceito de reação e começa seu trabalho questionando “ Por que o metano queima? ” O autor não queria simplesmente buscar uma resposta a sua questão, mas apresentar toda uma complexidade em responder uma pergunta tão corriqueira.

A queima do metano é um exemplo comum de combustão e ninguém presta muita atenção nesse fenômeno segundo o autor. A queima do metano é um dos inúmeros exemplos de fatos químicos tão familiares que normalmente não se consideram um fato importante. É claro que o metano queima!!! Mas por quê? Essa é a questão.

Se a combustão não fosse um fenômeno conhecido, será que os estudantes conseguiriam prever esse fenômeno? No ensino da química nós temos que fazer um esforço para persuadir os estudantes a observar a importância de todos os fenômenos. Para entender a Química como ciência, como um desafio intelectual não pode olhar para uma transformação química representada por uma equação química e pensar que ali temos apenas de uma coleção de fatos sem sentidos e explica-los isoladamente, eles devem ser trazidos nas explicações dos estudantes como conceitos conectados formando um único sistema e como as questões para as quais foram solicitadas as respostas.

Para conseguirmos que nossos estudantes atinjam esse nível de entendimento precisamos fornecer uma adequada apreciação da extensão e limitações da capacidade humana de entender a natureza, preferencialmente através da sistematização de atividades, de uma organização dos conteúdos que nos propicie essas conexões e através das experiências pessoais dos alunos. Principalmente, eles devem ser encorajados a perguntar o porquê das coisas. Assim Sanderson (1968) questiona “Por que o metano queima” ????. Portanto continuamos afirmando que para a compreensão de uma reação química devemos compreender e intercorrelacionar os aspectos quantitativos e qualitativos, os energéticos, cinéticos e dinâmicos.

Para responder o questionamento de Sanderson (1968), é necessário conhecer e compreender os vários aspectos que envolvem uma reação química, como a energia envolvida, a cinético e o equilíbrio químico.

### 3.2.3. As dimensões qualitativas e quantitativas

A dimensão qualitativa é uma maneira de comprovar a existência de uma transformação química é através da comparação do estado inicial e final do sistema. Algumas evidências podem ser observadas, permitindo verificar a ocorrência dessas transformações através de evidências perceptíveis pelos nossos sentidos (aspectos qualitativos de uma reação química), sejam elas através da modificação na cor, cheiro, *liberação de gases* ou modificação no estado de agregação.

As relações qualitativas segundo Pozo e Gómez (2009), conservação, equilíbrio e interações sistêmicas exigem adquirir estruturas conceituais complexas. Os aspectos quantitativos nas ciências como a Química e a Física se fazem necessários para quantificar de modo mais preciso as complexas relações estabelecidas entre as variáveis, o que requer que o aluno domine as estruturas de cálculo, como a proporção, a probabilidade ou a correlação (PÉREZ ECHEVERRIA, 1990).

Para Pozo e Gómez (2009) as três variáveis citadas são importantes para compreender os conceitos e as leis químicas: A probabilidade serve para compreender o conceito de entropia como medida do número de distribuições possíveis de um sistema ou espontaneidade de um processo em evolução até seu estado mais provável; a correlação serve para compreender e estabelecer a relação entre o número de átomos de carbonos dos compostos orgânicos e os valores quantitativos de suas propriedades físicas.

Na história da Química, as primeiras medidas realizadas foram de massa e de volume e com elas foram estabelecidas as primeiras leis que permitiriam o desenvolvimento teórico da disciplina segundo Pozo e Gómez (2009). Assim os autores afirmam que com a introdução atômico-molecular, os fenômenos químicos começam a ser interpretados a nível microscópico, em função dos átomos e das moléculas que neles interferem, sendo necessário conhecer assim o número de partículas que participam em uma reação química.

A introdução do mol facilitou a medida de pequenas quantidades, esse conceito químico é fundamental quanto as ideias de átomo ou molécula, que permite estabelecer uma relação proporcional entre os coeficientes das reações químicas e as quantidades de substâncias que intervêm em cada processo (POZO, GÓMEZ, 2009).

Caamaño (2007) expõe que diante da grande diversidade de materiais presentes na natureza, uma das preocupações da química era buscar critérios que permitisse reduzir esta variedade. E a primeira tarefa foi diferenciar entre “misturas” e “substância”. A conceitualização de substância como um tipo de matéria com propriedades características determinadas, somente foi possível graças ao aperfeiçoamento dos métodos de separação de misturas.

O estabelecimento da teoria atômica de Dalton permitiu dar uma interpretação atômica as reações químicas de acordo com a lei da conservação da massa de Lavoisier e a lei das proporções constantes de Proust. De acordo com esta teoria, nas reações químicas os átomos não se criam e não se destroem apenas se modificam formando novas substâncias.

Na ciência, as leis são derivadas de experiências e têm uma validade determinada pela precisão do experimento e o número de casos investigados, podendo ser abandonada em favor de um conceito mais geral. A observação minuciosa de muitas reações químicas ao longo do tempo revelou um conjunto de coincidências que, tornando-se consistentes, passaram a ser conhecidas como leis das transformações químicas, representada no quadro 12 abaixo:

Quadro 12 – Leis das transformações químicas

<b>LEIS DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS</b>	
<b>LEIS PONDERAIS</b>	<b>LEIS VOLUMÉTRICAS</b>
a) Conservação da Massa (Lavoisier);	a) Volume de combinação (Gay-Lussac);
b) Proporções definidas (Proust);	b) Princípio de Avogadro
c) Proporções múltiplas (Dalton);	
d) Massas de combinação (Richer-Wenzel	

Fonte: o pesquisador

#### 3.2.4. As dimensões energéticas: Termoquímica

Agora olhando para o aspecto energético, a Termodinâmica Química estuda as transformações de energia que ocorrem nas reações químicas. A termodinâmica não se preocupa apenas com as trocas de energia em reações químicas, mas também nos ajuda a responder a muitas perguntas na vida cotidiana (ATKINS; PAULA, 2006).

A termodinâmica explica por que as reações químicas ocorrem e o calor liberado ou absorvido durante uma reação química. A primeira lei da termodinâmica preocupa-se em observar as variações de energia e calcular esse calor envolvido na reação e está intimamente relacionada a conservação de energia. Este objetivo é realmente amplo e às vezes se confunde

com a Termodinâmica. Porém, confrontando-se os temas publicados nas duas principais revistas da área, *Termochimica Acta* e *Journal of Chemical Thermodynamics*, percebe-se que há uma interpenetração de propósitos.

A segunda lei da termodinâmica, explica porque algumas reações ocorrem e outras não. Segundo Atkins (1998), ambas as leis são resultado de experimentos com a matéria e são independentes de qualquer modelo que leve em conta a estrutura microscópica da matéria.

Cirino *et. al.* (2009) explica que a Segunda Lei da termodinâmica propõe a existência da função "*entropia*", que permite determinar o sentido das transformações e o seu ponto de equilíbrio. Sua origem estatística está relacionada com a existência de estados (situações) mais prováveis, ou seja, quanto maior for o número de estados possíveis que um determinado sistema possa assumir, então, maior será sua entropia. Afirmam então, que um tratamento alternativo ao ensino tradicional de equilíbrio e cinética poderia ocorrer em função da variação da *energia livre* ( $\Delta G^\circ$ ) de um sistema que, por sua vez, depende do balanço entrópico-entálpico. Segundo os autores, os ganhos com essa abordagem seriam vários, como os que seguem:

1. o conceito de equilíbrio químico e sua cinética peculiar seriam apresentados de forma precisa. A inserção das reações químicas nas transformações gerais da natureza evitaria a desnecessária fragmentação de conceitos.
2. permitiria ao aluno do Ensino Médio, dentro dessa visão, compreender situações que são tratadas no Ensino Superior e que requerem uma clara distinção entre fenômenos cinéticos e termodinâmicos.
3. tornaria mais completa e eficiente a abordagem dos conceitos envolvidos, pois *espontaneidade de reação, extensão de reação, entropia e energia livre* são tratados normalmente de maneira distorcida e superficial, no Ensino Médio.

Para compreender um tipo de reação não é suficiente reconhecer que transforma, mas também que se mantém, que se conserva. Na transformação química transformam as substâncias e se conservam os tipos de átomos ou elementos. Alguns dos textos mencionam a conservação da quantidade e identidade dos átomos que participam: "Durante uma reação química os átomos não se criam e nem se destroem, nem transformam sua identidade" (RAVILOLO, GARRITZ, SOSA, 2011).

A ruptura de uma ligação requer energia, a formação de uma ligação libera energia. Então, se a energia de reação é negativa – reação exotérmica – que cede calor ao entorno, a energia liberada para formar transformações deve ser maior que a que é requerida para romper transformações. Ao contrário, se a energia de reação é positiva – reação endotérmica – que

recebe calor do entorno, a energia liberada para formar transformações deve ser menor que a que é necessária para rompe-los. Por isso, para calcular a transformação da entalpia da reação (à pressão constante:  $\Delta H^0$ , 1 atm, 25°C) a partir das energias da transformação, a energia liberada pela formação das transformações nos produtos deveria estar sobrando na formula para que o resultado da energia da reação tenha o sinal apropriado:

Energia de reação padrão:

$$\Delta H_r = \sum_n E_{transformação}^n (reagentes) - \sum_m E_{transformação}^m (produtos)$$

Sendo  $n$  e  $m$  o número de transformações em reagentes e produtos, respectivamente.

Geralmente os estudantes, partindo do senso comum, afirma que é ao contrário, que para formar uma transformação se quer energia. A essa concepção alternativa contribui o ensino quando se fala que uma combustão requer de uma energia de ativação para realizar-se, ou quando, por exemplo, se fala da energia cedida na reação de hidrólise do ATP. Se diz frases do tipo: “a energia armazenada na transformação que une o grupo fosfato com ADP” (RAVIOLO, GARRITZ, SOSA, 2011).

A definição das transformações que se rompem e se formam, a partir da representação das formulas desenvolvidas de reagentes e produtos, e o cálculo da energia de reação à partir das energias de transformação, são atividades apropriadas para realizar-se no nível médio, dado que ajudam a “visualizar as transformações” e a compreender melhor a transformação química a nível macroscópico. (RAVIOLO, GARRITZ, SOSA, 2011).

A *energia de ligação*, propriedade fundamental para a caracterização de uma ligação química, consiste na quantidade de energia associada a uma ligação num composto químico. É obtida através do calor de atomização, na formação de uma molécula. A energia de ligação, ou melhor, a *entalpia de ligação* (grandeza mais utilizada), e a distância internuclear são dois parâmetros que permitem a descrição quantitativa de uma ligação química.

Quando nos perguntamos por que o metano queima, estamos essencialmente perguntando por que a reação tem uma entalpia tão negativa. Em parte, isso pode ser respondido ao explicarmos o significado de um delta  $\Delta H$  tão negativo, isso significa que as ligações no  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  são em média, mais fortes, que as ligações nas  $\text{CH}_4$  e  $\text{O}_2$ .

Caamaño (2007) aponta a questão da afinidade química que decide se certas substâncias têm tendência a reagir entre si ou não e com outras ou não. Essa tendencia foi tratada de diferentes formas durante a história da química. Na intenção de quantificar essa tendencia

procurou-se medir as quantidades de reativos que levou-os ao conceito de *equivalente químico* e depois a *quantidade de substância*.

Coelho (2002) apresenta em sua tese que para o estabelecimento da entalpia de ligação é necessário conhecer as trocas energéticas realizadas nos processos químicos, através das quais, empregando as regras da Termodinâmica e as da Química Estrutural, calculando-se as entalpias de ligação desejadas. Para tal feito, a ferramenta mais utilizada ainda hoje é o calorímetro, pela sua versatilidade e universalidade, que permite a medida, quase sempre, de uma variação de energia ou entalpia de um processo realizado em seu interior.

O autor afirma que com os estudos relativos a termodinâmica se desenvolveu um estudo referente a questão da afinidade química e sobre a espontaneidade das reações químicas tomando as energias desprendidas nas reações químicas como uma medida de afinidade química das substâncias e portanto como um critério de previsão das reações químicas. Mas sabemos que esse critério não é sempre válido, somente pode ser usado com certa segurança no caso das reações muito exotérmicas.

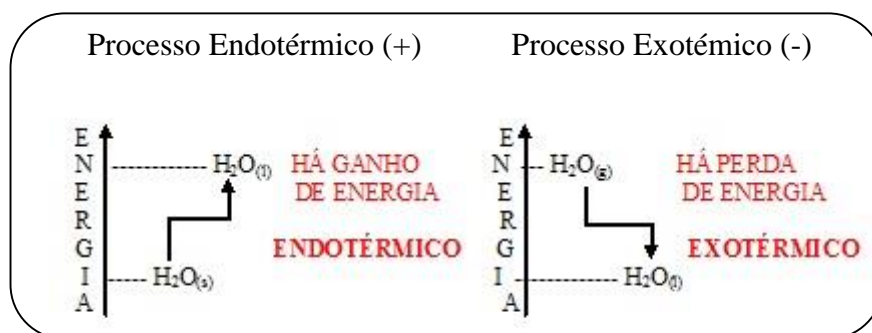
A qualquer sistema está associada energia sob várias formas. Em Química interessa, sobretudo, a energia do sistema reacional, a que se chama energia interna  $U$  que é a energia das partículas que o constituem. Segundo a teoria cinético-molecular, a matéria é constituída por partículas (átomos, moléculas, íons) em constante agitação, podendo mesmo mover-se através do espaço, como acontece em fase gasosa. Devido ao movimento toda a matéria possui energia cinética: moléculas, átomos e íons podem possuir energia cinética translacional, resultante dos seus movimentos de translação; as espécies poliatômicas podem ainda possuir energia cinética rotacional, devido às rotações em torno do seu centro de gravidade, e energia cinética vibracional, contributo das vibrações que a partícula apresenta (COELHO, 2002).

No interior das moléculas existe ainda energia química, a qual é também uma forma de energia potencial, pois está associada às forças que mantêm os átomos ligados, isto é, das forças intramoleculares e interatômicas. Por sua vez, os átomos possuem também energia associada aos núcleos e aos elétrons; esta energia é, por um lado, de carácter potencial, consequência das atrações e repulsões que os núcleos e elétrons exercem entre si e, por outro lado, de carácter cinético, resultante dos movimentos que os animam. O núcleo é, em si mesmo, portador de enorme energia, energia que está relacionada com as forças que mantêm unidas as partículas nucleares.

Nos sistemas materiais, constituídos por partículas, a energia interna, total,  $U_t$ , é a resultante de dois contributos: a energia cinética,  $U_c$ , quase toda ela energia térmica, e a energia potencial,  $U_p$ .



Figura 07 – Convenção de sinais para a variação de entalpia.



Fonte: <http://www.qieducacao.com/2010/11/termoquimica-i-reacoes-endotermicas-e.html>. Acesso em: 04/09/2015

Sanderson (1968) salienta os princípios gerais das reações químicas, a importância das forças das ligações e da entropia, que são conteúdos necessários para responder sua pergunta. O autor aponta que se o calor de uma reação for relativamente alto em condições normais de temperatura (CNTP) ele será o fator dominante em determinar a variação de energia livre ( $\Delta G^\circ$ ). A Energia livre termodinamicamente derivam-se de dois potenciais termodinâmicos: Energia livre de Helmholtz - útil em processos a temperatura constante. E a Energia livre de Gibbs - útil em processo a temperatura e pressão constantes.

A espontaneidade de uma reação pode ser medida por meio da equação de Gibbs-Helmholtz.

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S$$

Energia de Gibbs é uma função termodinâmica que permite prever se um processo é espontâneo. Quando um processo é espontâneo tende a ocorrer sem a necessidade de ser provocada por uma influência externa. Podemos definir Energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) como a energia livre de reação em qualquer composição definida fixa da mistura de reação. Seu valor refere-se a qualquer escolha da composição de uma mistura reacional e representa a diferença em energia livre molar entre os produtos e reagentes à concentração presente em um especificam estagio da reação, consideremos essa variação na energia livre quando uma pequena fração de moléculas dos reagentes transformam-se em produto (ATKINS 1998).

O  $\Delta G^\circ$  se relaciona com a Constante de Equilíbrio (K).

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$\Delta G^0 = 0$	$K = 1$	Sistema em equilíbrio: Velocidade (V) da reação direta = Velocidade (V) da reação inversa
$\Delta G^0 > 0$	$K < 1$	Equilíbrio deslocado para esquerda
$\Delta G^0 < 0$	$K > 1$	Equilíbrio deslocado para direita

A relação entre  $\Delta G^0$  e a constante de equilíbrio  $K$  é logarítmica. Aqui verificamos a interrelação do conceito de Energia Livre e a constante de equilíbrio, mas esse aspecto raramente encontramos nos livros didáticos do Ensino Médio.

A Entropia é uma grandeza Termodinâmica relacionada com o grau de desordem dos sistemas. Quanto maior a entropia, maior a desordem do sistema. Para medir ou quantificar a dispersão da energia, foi definida uma grandeza termodinâmica chamada entropia (representada pela letra  $S$ ). Quando há dispersão de energia, a entropia aumenta. Então, como a entropia final é maior que a inicial, a variação de entropia ( $\Delta S$ ) é positiva.

A desordem de um sistema é diretamente proporcional ao número de microestados acessíveis a um sistema, ou seja, quanto maior este número, maior a desordem e maior a entropia. A entropia tende a depender mais do estado físico do que da composição química. O aumento relativamente grande da entropia acompanha a mudança de um estado mais condensado, ou seja, uma fase mais organizada (sólido ou líquido) para uma menos condensada (gás). A variação de entropia em uma transformação depende apenas dos estados inicial e final do sistema, independentemente de como os reagentes se transformam nos produtos, isto é, do mecanismo da reação.

Por definição, a variação da entropia de uma transformação é igual à diferença entre a entropia dos produtos e dos reagentes:

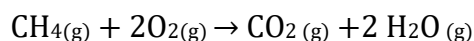
$$\Delta S = S_{\text{produtos}} - S_{\text{reagentes}}$$

Assim:

$\Delta S > 0$	<b><i>Sprodutos</i></b> <b>&gt; <i>Sreagentes</i></b>	a transformação ocorre com aumento da desordem do sistema e tende a ser espontânea
$\Delta S < 0$	<i>Sprodutos</i> < <i>Sreagentes</i>	a transformação ocorre com diminuição da desordem do sistema e tende a ser não-espontânea
$\Delta S = 0$	o sistema está em equilíbrio	

Com a consolidação da Termodinâmica os conceitos como Entropia e Energia Livre passaram a ser utilizadas como critério para decidir sobre a espontaneidade das reações. É importante notar que, num processo espontâneo, energia é dissipada. Ela é conservada, ela não é perdida, mas se espalha, transformando-se numa energia menos útil, que não pode mais ser usada para realizar um trabalho: Energia livre NEGATIVA e Entropia POSITIVA.

As variações na energia livre ( $\Delta G^\circ$ ) para reações tendem a ser mais negativo que variação da entalpia ( $\Delta H$ ) se o número de mols de gás no produto exceder o número de mols no reagente, e vice-versa, mas não há muita diferença quando o número de mols de gás não muda. Utilizando a equação para reação de queima do metano onde ( $\Delta G^\circ$ ) = -191,4 KJ/mol e  $\Delta H = -191,84$  KJ/mol:



Vamos analisar a reação: Já que 3 mols de gás reagentes formam 3 mols de gás no produto, a variação de entropia ( $\Delta S$ ) para essa reação seria relativamente pequeno, então não seria surpreendente que a variação de energia livre ( $\Delta G^\circ$ ) = -191,4 kJmol e  $\Delta H = -191,84$  KJ/mol (sabendo que a reação de combustão é sempre um processo exotérmico) são muito próximas já que  $T \cdot \Delta S$  dá uma pequena contribuição na relação  $\Delta G^\circ = \Delta H - T \cdot \Delta S$ . Em outras palavras a variação da entalpia é a maior contribuinte para grande negatividade do  $\Delta G^\circ$  o que nos confirma que o metano vai queimar e assim respondemos a pergunta de Sanderson.

### 3.2.5. A dimensão cinética

Para o aspecto cinético das reações química, é necessário compreender que a energia cinética média das partículas, a uma dada temperatura, é a mesma em qualquer das três fases, sólida, líquida e gasosa. A temperatura de um corpo é, assim, uma medida da energia cinética média das partículas constituintes desse corpo. Da afirmação anterior resulta que as moléculas com maior massa se movem mais lentamente que as moléculas de menor massa (COELHO, 2002).

Apesar de estar submetida à certa temperatura, a energia cinética média das partículas será sempre a mesma, isso não significa que todas as entidades elementares tenham a mesma energia cinética: algumas partículas possuem grande energia cinética, enquanto outras podem possuir energia cinética muito menor (COELHO, 2002).

Além dos vários contributos da energia cinética, as partículas possuem ainda energia potencial, resultante das forças entre elas. A energia potencial das moléculas é elevada no estado gasoso, em que as forças de atração molecular são, em geral, pouco intensas; é mais fraca nos líquidos e atinge valores mínimos no estado sólido, onde as forças de ligação podem ser consideráveis. Assim, a passagem do estado sólido ao estado líquido e deste ao estado gasoso são fenómenos que implicam transferência de energia para o sistema que os experimenta, se nele não se der qualquer transformação de energia. Quando, num sistema isolado, se processa uma das mudanças de estado referidas, o sistema esfria, pela transformação da energia interna cinética em energia interna potencial.

Para que uma reação ocorra é necessário que antes, os reagentes superem certa barreira de energia, e quanto maior for essa barreira, mais difícil será para a reação ocorrer e consequentemente ela será mais lenta. Dessa forma, “uma reação termodinamicamente favorável pode ocorrer de forma extremamente lenta ou acabar nem sendo observada em um intervalo de tempo consideravelmente grande; então se diz que a reação é cineticamente desfavorável” (ATKINS, JONES, 2006).

A cinética química é o domínio científico que estuda estas transformações, e permite compreender que as reações químicas podem ocorrer em escalas temporais muito diferentes. A Cinética Química estuda as velocidades das reações químicas. Na prática, se uma reação for muito lenta, mesmo que seja caracterizada por um rendimento elevado em relação aos produtos desejados, dificilmente terá aplicação a nível industrial.

Os átomos e as moléculas são móveis na fase gasosa ou em solução e, portanto, as reações são realizadas frequentemente usando-se uma mistura de gases ou soluções dos reagentes. Nessas circunstâncias diversos fatores como concentração dos reagentes, temperatura e presença de catalisadores, afetam a velocidade da reação. Se o reagente for sólido, a superfície de contato também influencia na velocidade da reação (KOTZ, 2009).

Enquanto na termodinâmica determina-se a variação das propriedades de um sistema quando este passa de um estado de equilíbrio para outro, na cinética se estabelece o tempo necessário para que a transformação ocorra. A cinética química está baseada em processos químicos experimentais, que são modelados matematicamente por meio de equações diferenciais. A possibilidade de ocorrer uma reação química entre uma ou mais espécies pode ser avaliada com base em critérios cinéticos, mas de modo complementar às restrições termodinâmicas, que analisam o sistema sob o ponto de vista de equilíbrio químico.

Uma reação química ocorre quando três fatores envolvidos no mundo micromolecular acontecem. Eles são:

1. O choque de uma espécie química com outras ou com as paredes do recipiente na qual a mesma estiver.
2. A geração de alguma maneira de algum tipo de energia que permita que a espécie química reagente atinja um patamar mínimo de energia para que a reação possa ocorrer (Energia de Ativação  $E_a$ ).
3. A posição do choque (fator muito importante nas reações orgânicas onde estiverem envolvidas substâncias com grandes cadeias).

Resumindo, para que uma reação química ocorra são necessárias algumas condições: natureza dos reagentes + colisão entre as moléculas + orientação favorável = reação química. Esses conceitos devem ser apresentados inter-relacionados de forma que o aluno possa compreender a interrelação entre eles, de forma sistêmica.

Assim podemos afirmar que velocidade das reações químicas depende de fatores, como:

- A temperatura em que reação ocorre;

A temperatura está ligada à agitação das moléculas. Quanto mais calor, mais agitadas ficam as moléculas. Se aumentar a temperatura, aumenta a energia cinética das moléculas (movimento). Se as moléculas se movimentam mais, elas se chocam mais e com mais energia, diminuindo a energia de ativação e em consequência, aumenta o número de colisões efetivas e, portanto, a velocidade da reação também aumenta. Quando se eleva a temperatura de uma reação química à velocidade de formação do produto aumenta. (LAVORENTI, 2002, p.12)

- A concentração dos reagentes;

A maioria das reações químicas ocorre mais rapidamente se a concentração de um ou mais dos reagentes é aumentada. À medida que a concentração aumenta, a frequência com a qual as moléculas se chocam também o faz, levando a um aumento das velocidades. Nas reações químicas, em que pelo menos um dos reagentes está em solução, verifica-se, em geral, que:

- A velocidade aumenta quando se usam soluções mais concentradas.
- A velocidade diminui quando se usam soluções mais diluídas (menos concentradas).

- A superfície de contato;

Quanto maior a superfície de contato dos reagentes, maior será a velocidade da reação. Exemplo: os antiácidos efervescentes quando triturados se dissolvem mais rápido em água do que em forma de comprimido inteiro, isto porque a superfície de contato fica maior para reagir com a água.

➤ A pressão

Pressão é a razão entre força e área, ou seja, fazer força sobre uma determinada área. Com o aumento da pressão em um recipiente, diminui o volume e desta forma aumenta a concentração dos reagentes. As moléculas se chocam mais, aumentando o número de colisões e portanto, aumenta a velocidade da reação.

➤ A participação de catalisadores;

Catalisadores são espécies químicas que aceleram a velocidade média reacional ao criar mecanismos de reação alternativos e com barreiras energéticas menores, sem serem efetivamente consumidos na reação em que participam. Espera-se que reações catalisadas sejam mais rápidas que as que não têm catalisador.

➤ A presença de luz

Algumas reações químicas ocorrem com maior velocidade quando estão na presença de luz, “A presença de luz de certo comprimento de onda também pode acelerar certas reações químicas” (LAVORENTI, 2002, p.1), é uma energia em forma de onda eletromagnética que ajuda a quebrar a barreira da energia de ativação.

São chamadas de reações fotoquímicas, na grande maioria, percebe-se a presença de um reagente colorido, denominado componente fotoquimicamente ativo (PIERRE, 2006, p.3), esse reagente possui moléculas que absorvem luz visível, permanecendo ativadas energeticamente, facilitando a reação.

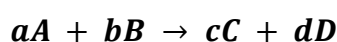
A fotossíntese realizada pelas plantas é um tipo de reação que é influenciada pela presença da luz.

➤ A eletricidade

Do mesmo modo que o calor, a eletricidade também é uma forma de energia que influi na velocidade de muitas reações químicas. Um exemplo é o da faísca elétrica que provoca a explosão da gasolina nos cilindros dos motores dos automóveis.

Podemos observar que algumas reações químicas acontecem com mais rapidez e outras mais lentamente. Nem toda reação química acontece no mesmo tempo. Umas demoram horas, dias, anos. Outras levam uma fração de segundo para ocorrer.

Considere a reação genérica a seguir:



Digamos que nós aumentemos a concentração dos reagentes A e B, a quantidade de partículas dos reagentes irá aumentar num mesmo espaço, haverá mais choques efetivos entre

elas que resultarão no aumento da taxa de desenvolvimento da reação. O que significa que aumentará sua velocidade.

Portanto, a velocidade da reação é diretamente proporcional à concentração dos reagentes. Porém, isso depende da temperatura também. Como a velocidade depende do número de colisões das moléculas dos reagentes A e B. Por isso, temos a seguinte equação matemática que representa a lei da velocidade da reação:

$$\text{Assim } V = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

Em que:

V = velocidade da reação; k = constante que só depende do valor da temperatura; a e b = expoentes determinados experimentalmente.

Apenas quando a reação é elementar, ou seja, ocorre numa única etapa, é que os expoentes são exatamente iguais aos coeficientes da equação química balanceada:

$$V = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

Porém, nos outros casos, a potência apropriada à qual se deve elevar a concentração de cada reagente deve ser determinada experimentalmente.

A lei da velocidade das reações recebe muitos nomes, veja alguns: Lei da Ação das Massas, Equação de Rapidez, Lei Cinética da Reação e Lei de Guldberg-Waage.

### 3.2.6. A dimensão do Equilíbrio Químico

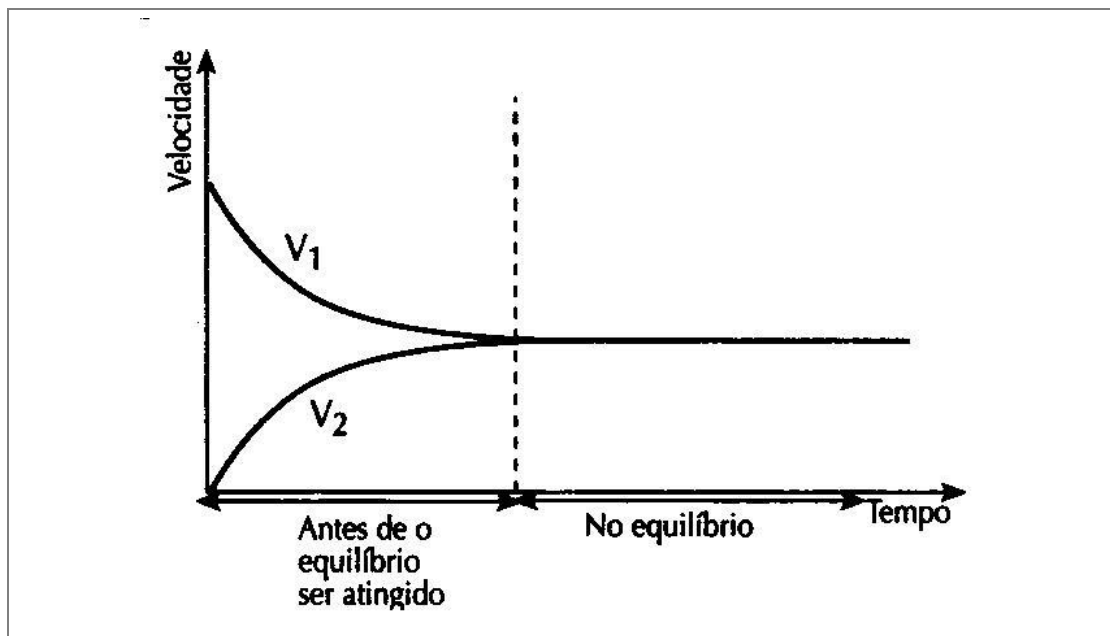
As constantes de equilíbrio ( $K_c$  ou  $K_p$ ) indicam na verdade o rendimento da reação. Sabemos ainda como consequência do segundo princípio da termodinâmica, que uma reação reversível tende a atingir um estado de equilíbrio estabelecido pelo ponto de mínima energia livre de Gibbs, conhecido como "o vale de Gibbs" onde não obtemos a conversão de "reagentes" em "produtos" com 100% de rendimento. As constantes de equilíbrio ( $K_c$  ou  $K_p$ ) indicam na verdade o rendimento da reação.

O tema equilíbrio químico é de tal importância para o estudo da Química visto que seu estudo facilita o entendimento de outros como o comportamento ácido-base, reações de oxirredução e de precipitação.

Segundo Brady e Humiston (1986) quando uma reação química ocorre espontaneamente, as concentrações dos reagentes e produtos variam enquanto a energia livre do sistema diminui.

Em algumas situações a energia livre atinge o mínimo, e quando isso ocorre o sistema tende ao equilíbrio. O gráfico a seguir apresenta a variação das concentrações até atingir o equilíbrio, isto é, se aproximam de valores estacionários.

Figura 08 – Representação gráfica da variação da velocidade das reações em função do tempo



Fonte: <http://www.enemquestion.com.br/equilibrio-quimico/>. Acesso 04/09/2015.

O equilíbrio químico é atingido quando numa reação reversível, a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa, e as concentrações não mais variam, sendo o equilíbrio atingido espontaneamente.

Quanto mais energia livre a reação disponibiliza, maior quantidade de produtos será produzida. Assim, pode-se pensar em uma reação genérica que ocorre em determinada temperatura e pressão:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  e lembrando que se a reação ocorre espontaneamente, existe uma relação entre  $\Delta G^\circ$  para reação e a posição de equilíbrio, a energia livre ( $\Delta G^\circ$ ) vai diminuindo, até se atingir o equilíbrio com  $\Delta G^\circ$  negativo. A reação ocorre até que não haja mais diferença de energia livre entre produtos e reagente, em outras palavras,  $\Delta G^\circ = 0$ , reagentes e produtos tem a mesma energia livre total. Em determinada situação, haverá determinada quantidade de produtos e reagentes. Define-se então um coeficiente de reação,  $Q$ , para expressar essa proporção:

$$Q \equiv \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Na qual [A], [B], [C] e [D] são respectivamente as concentrações de A, B, C e D, para uma temperatura constante. Para esse estado termodinâmico (que é único para cada reação), todas as propriedades macroscópicas não se modificam. Isso significa que Q não muda mais. Nessa condição, Q será designado por K (a constante de equilíbrio para a reação), que é a expressão da lei da ação das massas, utilizada quando as reações estão balanceadas e foram descobertas pelos químicos Guldberg e Waage.

$$K = \frac{[C]_{eq}^c [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a [B]_{eq}^b}$$

Constante K fornece informações qualitativas acerca da extensão com que a reação ocorre. Quando K é um valor alto,  $K > 0$ , o equilíbrio se desloca para a direita (maior concentração dos produtos), assim quando K é um valor pequeno  $K < 0$ , o equilíbrio será deslocado para a esquerda (maior concentração dos reagentes). Quando a reação envolve produtos e reagentes gasosos, utilizamos  $K_p$ .

O capítulo apresentou uma discussão a respeito das definições da reação química, e os principais tipos de reações químicas, bem como seus aspectos qualitativos, quantitativos, energéticos, cinéticos e do equilíbrio químico que devem subsidiar a proposição de uma abordagem sistêmica para o conteúdo, visto que nesse trabalho adotamos o princípio de que a interrelação desses parâmetros levam ao desenvolvimento de uma visão sistêmica do conteúdo de reações químicas.

#### 4. A ORGANIZAÇÃO DOS CONTEÚDOS DE UMA DISCIPLINA DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Esse capítulo discute a categoria de conteúdo e suas dimensões, a importância de novas estratégias didáticas na organização dos conteúdos escolares e como essas formas que podem facilitar a aprendizagem da disciplina de química.

Assim o capítulo expõe os critérios de alguns enfoques para selecionar e organizar os conteúdos escolares: como o tradicional, cognitivistas, construtivistas, assim como outras perspectivas que tem orientado à busca da integração dos conteúdos nas disciplinas, dentre as quais podemos citar: os conceitos estruturantes, os temas geradores e a teoria da elaboração que apresentam concepções de ensino com metodologias diferenciadas de aprendizagem. Essa discussão torna relevante para se compreender formas de organizar o conteúdo de reação química sob esses diferentes enfoques.

##### 4.1 Os conteúdos escolares: Estruturas e Tipologias

O conteúdo é um componente do processo de ensino-aprendizagem que expressa a configuração que se adota para especificar, dentro do objeto, aqueles aspectos necessários e imprescindíveis para concretizar os objetivos e que se manifestam na seleção dos elementos da cultura e a estrutura que o estudante deve apropriar-se para poder operar com o conhecimento (RODRIGUEZ, 2003).

Zilberstein *et. al.* (1999), define o conteúdo escolar como sendo aquele que o estudante deve apropriar-se, expressando-se em conhecimentos, habilidades, desenvolvimento de atividades criativas, normas de relação com o mundo e valores que respondem a um meio sócio-histórico concreto. Para o autor o conteúdo cumpre funções instrutivas, educativas e de desenvolvimento.

Segundo Núñez (2009);

- A função instrutiva se refere aos resultados da assimilação de conhecimento, hábitos e habilidades, relativos ao desenvolvimento intelectual dos estudantes.

- A função de desenvolvimento, diz respeito ao resultado do ensino desenvolvimentista, ou seja, uma assimilação dirigida à formação integral dos estudantes.

- A função educativa expressa um resultado relacionado com o pensamento e o agir científico, que proporciona um novo ponto de vista crítico da realidade.

Conteúdos de ensino são o conjunto de conhecimentos, habilidades, hábitos, modos valorativos e atitudinais de atuação social, organizados pedagógica e didaticamente pelo professor, tendo em vista a assimilação ativa e aplicação pelos alunos na sua prática de vida.

São organizados em matérias de ensino e dinamizados pela articulação de elementos: objetivos, conteúdos e métodos. Esses elementos são formas de organização do ensino, nas condições reais em que ocorre o processo de ensino-aprendizagem, seja no meio social, escolar e/ou familiar (HORTA, 2011).

Na escolha dos conteúdos de ensino leva-se em conta não só a herança cultural manifestada nos conhecimentos e habilidades, mas também a experiência da prática social vivida no presente pelos alunos (HORTA, 2011).

Libâneo (1992), nos apresenta que os conteúdos de ensino se compõem de quatro elementos: conhecimentos sistematizados; habilidades; hábitos; atitudes e convicções.

1. **Os conhecimentos sistematizados** são a base da instrução e do ensino. Os objetos de assimilação é o meio indispensável para o desenvolvimento global da personalidade.
2. **As habilidades** são qualidades intelectuais necessárias para a atividade mental no processo de assimilação de conhecimentos.
3. **Os hábitos** são modos de agir relativamente automatizados que tornam mais eficaz o estudo ativo e independente.
4. **As atitudes e convicções** se referem a modos de agir, de sentir e de se posicionar frente a tarefas da vida social. Orientam, portanto, a tomada de posição e as decisões pessoais frente a situações concretas.

Reyes e Pairol (1988), entendem por conteúdo de ensino o volume de conhecimentos proveniente das diferentes ciências e da técnica, o componente ideológico, político e cultural, as habilidades, os hábitos e métodos de trabalho que possibilitam a formação multilateral da personalidade dos alunos.

Os autores elucidam as categorias do conhecimento em:

1. Os fatos e processos da realidade, que ao generalizarmos nos permite elaborar outras formas de conhecimento como os conceitos e leis. Os fatos fazem referência a um acontecimento ou fenômeno particular.
2. Os conceitos básicos de toda ciência, sem os quais não é possível compreender uma disciplina em particular;
3. As teorias científicas como sistema de ideias que explicam certos fatos e fenômenos;
4. As leis científicas como expressão (também discutidos por Horta (2011) e Núñez (2009) das relações entre os fenômenos (REYES, PAIROL, 1988).

Coll (1996) define o conteúdo como um conjunto de formas culturais e de saberes selecionados para integram as diferentes áreas curriculares em função dos objetivos gerais da área. O autor agrupou e subdividiu o conjunto de conteúdo que deve ser selecionado para

compor um currículo: a) fatos discretos; b) conceitos e princípios; c) procedimentos d) valores, normas e atitudes.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2002a) os conteúdos são meios para que os alunos desenvolvam as capacidades que lhes permitam produzir bens culturais, sociais e econômicos e deles usufruir. Aos conteúdos são dados um papel central, uma vez que é por seu meio que os propósitos da escola se realizam. Assim os PCNEM (BRASIL, 2002a), advertem que a seleção, organização e tratamento dos conteúdos devem ser precedidos de grande discussão pela equipe escolar.

Os conteúdos devem ser selecionados pela equipe escolar, levando em conta sua relevância social e sua contribuição para o desenvolvimento intelectual do aluno. Para os PCNEM (BRASIL, 2002a), esses critérios devem ser levados em consideração, em função das capacidades que se pretendem desenvolver e da grande quantidade de conteúdos tratados no âmbito de cada área de conhecimento.

Para promover o tipo ensino que acreditamos o professor deve ter em mente uma série de questões que sejam pertinentes para o desenvolvimento do exercício de sua prática.

Os conteúdos devem estar relacionados com uma metodologia de trabalho didático vinculados ao conhecimento e informações que possibilite a reflexão da finalidade do aprendizado, ou seja, o conteúdo deve apresentar efeito na vivência do educando, fazendo as devidas relações da escola com a sua vida. Vamos conceituar alguns tipos de conteúdos.

São princípios, leis ou regras, como por exemplo o princípio de Le Chatelier. Segundo o princípio de Le Chatelier, uma correta previsão pode ser formulada pela utilização do princípio que estabelece que a adição de um reagente, na amostra em equilíbrio, provoca sempre um deslocamento deste com produção de maior quantidade de produtos. Não podemos dizer que se aprendeu um conceito ou princípio se não compreendeu seu significado e sabemos que faz parte do conhecimento do aluno não apenas quando este é capaz de repetir sua definição, mas quando sabe utilizá-lo para a interpretação, compreensão ou exposição de um fenômeno ou situação; quando é capaz de situar os fatos, objetos ou situações concretas naquele conceito que os inclui.

Os conteúdos conceituais: são mais abstratos, eles demandam compreensão, reflexão, análise e comparação. Para Krasilchik (1992) considera que os conteúdos conceituais são o início do processo de ensino-aprendizagem, enfatizando que é por meio deles que o estudante entra em contato com os fatos e princípios. Assim, esses conteúdos são responsáveis por toda uma construção inicial de aprendizagem- os conceitos são detentores das informações, constituindo as bases para a assimilação e organização dos fatos da realidade.

O conteúdo conceitual, para Pozo e Gómez (1998), estrutura-se em dados, fatos, conceitos, princípios, leis e teorias. Entretanto os autores acentuam que há diferença entre ter um dado e conhecer algo como um fato e dar-lhe sentido ou significado. Para isso, os autores acentuam que é fundamental relacionar esses dados a partir de uma rede de significados que permite explicar por que se produzem tais dados e quais consequências têm. Assim, passam a ser compreensíveis, pois conhecê-los é mais simples que interpretá-los ou compreendê-los. Dessa maneira, Pozo e Gómez (1998) reforçam que, a partir do estabelecimento de relações significativas entre os fatos, obtêm-se conceitos, princípios, leis ou teorias, que se configura como o paradigma da disciplina científica.

Os dois tipos de conteúdos: conceitos e princípios podem ser tratados conjuntamente, já que ambos têm como denominador comum a necessidade de compreensão.

Condições de uma aprendizagem de conceitos e princípios são as que permitem que a aprendizagem seja a mais significativa possível, e trata de atividades complexas que provocam um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito, favorecendo a compreensão do conceito, a fim de utilizá-lo para interpretação, o conhecimento de situações ou para a construção de outras ideias.

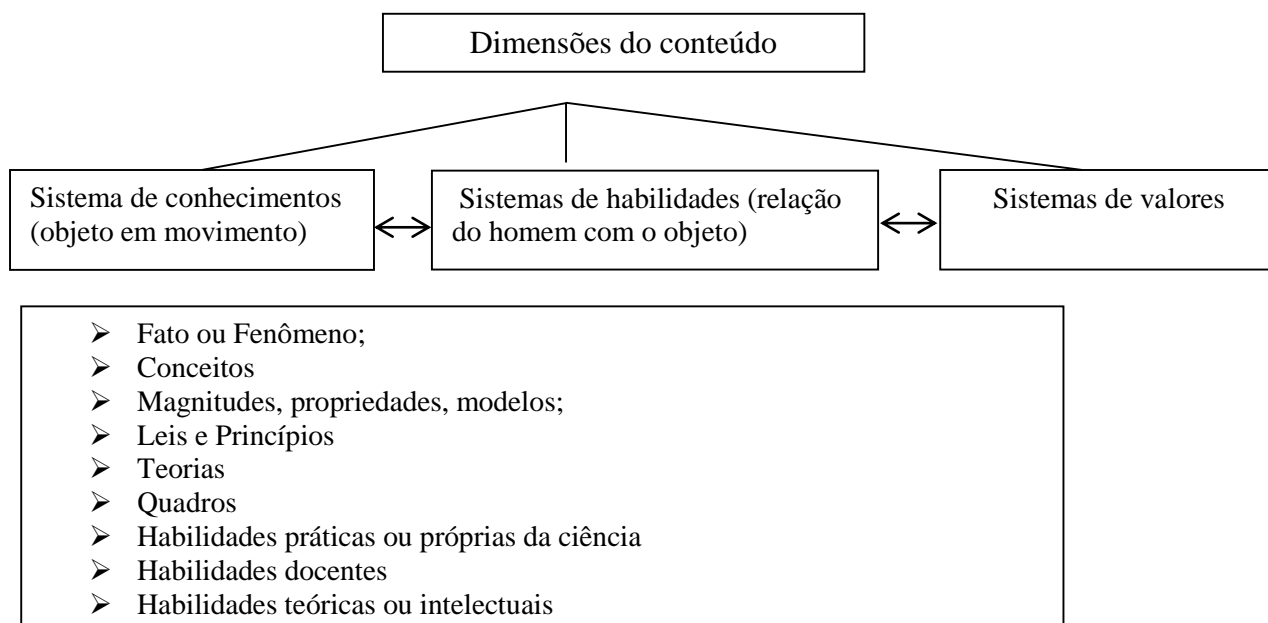
Assim definem-se como princípios as finalidades que um enunciado descreve, tais como: as mudanças que ocorrem em um conjunto de objetos, acontecimentos, situações ou símbolos, relacionando essas mudanças com as que ocorrem em outros conjuntos.

Os valores são princípios normativos que presidem e regulam o comportamento das pessoas em qualquer momento ou situação. As normas são regras de comportamento que as pessoas devem respeitar em determinadas situações e as atitudes como uma tendência a comportar-se de forma consistente e persistente diante de determinadas situações.

Para Núñez (2011), os alunos necessitam assimilar e interpretar os conteúdos escolares que os auxiliem no desenvolvimento máximo de suas capacidades de ordem cognitiva, afetiva, física, ética, bem como de relação interpessoal e inserção social. Para aprender sobre o objeto de conhecimento, o aluno precisa adquirir informações, vivenciar situações, resolver problemas, em que conceitos estejam postos, permitindo a aquisição de atitudes em relação às metas a serem atingidas na educação escolar.

Deste modo Rodriguez, (2003) indica que o conteúdo se revela em três dimensões.

Figura 09 – As dimensões do conteúdo



Fonte: Rodriguez, (2003).

Esta dimensão deve-se interpretar de forma diferenciada, são três tipos de conteúdos diferentes, sendo que cada um com sua própria personalidade e identidade no processo de ensino-aprendizagem. Não existem de forma independente uns dos outros, se interrelacionam dialeticamente por uma tríade que formam uma unidade na integração do todo em suas partes (RODRIGUEZ, 2003).

A Química como uma das Ciências da Natureza tem um sistema de conceitos, leis, teorias, métodos e procedimentos que são constituintes da identidade dessa disciplina científica, e são as vias e recursos com os quais os químicos investigam, assim como se ensina.

Na prática cotidiana, muitos identificam o conteúdo de ensino somente como um sistema de conhecimentos.

Mas para o autor Rodriguez (2003) o sistema de conhecimentos é um ramo do saber que se move como conteúdo no processo de ensino-aprendizagem. É possível classificá-lo em quatro níveis, sobre a base do critério de seus diferentes níveis de sistematicidade como:

- O conceito científico – É uma imagem generalizada que reflete a multiplicidade de objetos de uma mesma classe na base de suas características necessárias e suficientes ou seus elementos essenciais. O pensamento é conceitual e possibilita ao homem sair do particular para o geral. Permite ordenar a realidade, reconhecendo classes de objetos a que se atribuem características similares, indo mais além dos fenômenos e chegando à sua essência. Os conceitos pertencem a um sistema constituído de inter-relações conscientes e hierarquizado, com distintos

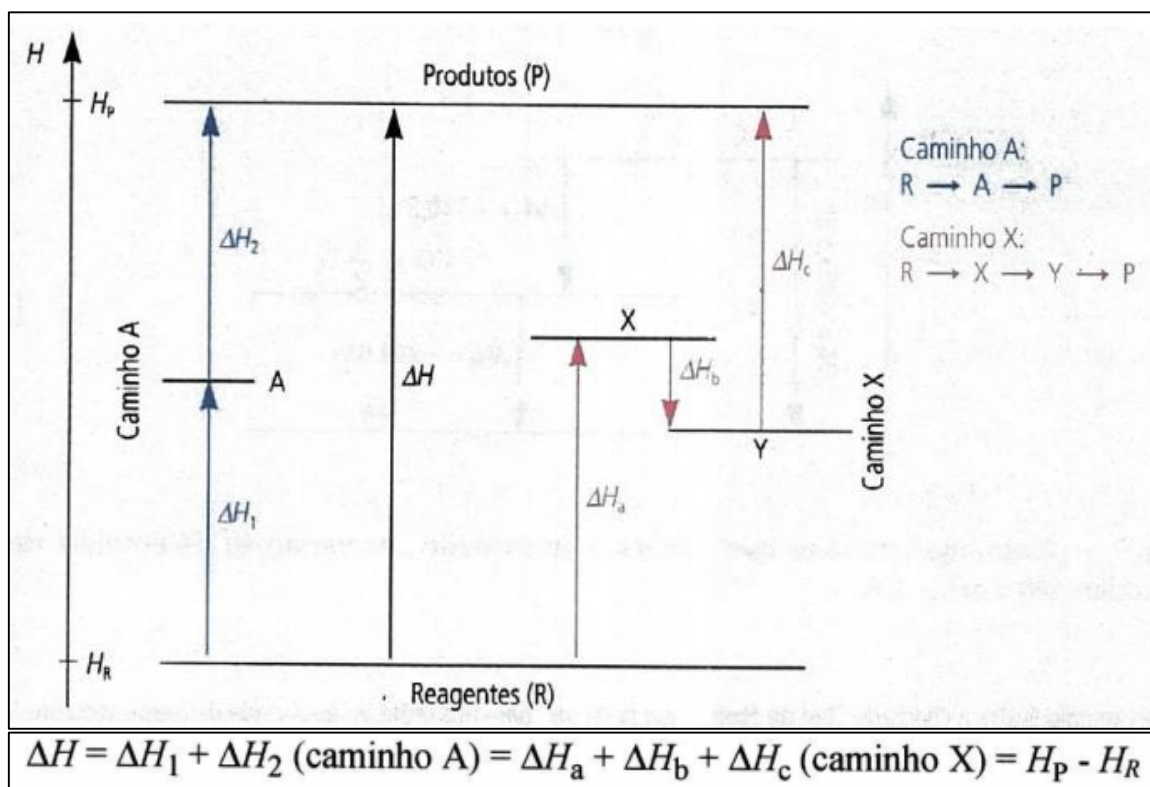
níveis de ordenação, expressos em princípios, leis e nas teorias científicas (NÚÑEZ, 2009). Estudar conceitos nas Ciências Naturais é um caminho para desenvolver o pensamento científico e a formação integral do aluno (NÚÑEZ, 2009). Os conceitos científicos apresentam-se como um processo complexo do pensamento organizado em redes de significados, num movimento através do qual um conceito se coordena e se subordina a outros, estabelecendo a dependência complementar entre eles (NÚÑEZ, 2009). Qualquer conceito científico expressa sempre um conteúdo desenvolvido e validado nas ciências como atividade social, como resultado do conhecimento anterior da sociedade. Do ponto de vista da lógica formal, um conceito se define por um conjunto de propriedades necessárias e suficientes, as quais possibilitam a identificação de um objeto da classe ou conjunto que compõe o conteúdo do conceito, assim como procedimentos de classificar e comparar.

No caso das reações químicas, se estuda um amplo sistema de conceitos científicos, tais como: reações químicas, quantidade, qualidade, magnitude, termodinâmica, cinética química, equilíbrio químico, dentre outros.

- A lei científica – É uma forma geral de expressar relações, nexos internos de caráter essencial, entre objetos, fenômenos ou processos que ocorrem com certa regularidade. Tem caráter universal, ou seja, expressa-se no geral (e não no singular). O caráter universal implica limites de aplicação, isto é, só é válido no contexto de sua construção pela ciência. No caso das reações químicas, algumas leis são relevantes como: Lei de Hess, Lei do Equilíbrio Químico, Lei de Proust e Lei de Lavoisier.

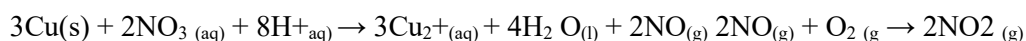
Um exemplo de uma lei científica é a entalpia de reação que depende apenas do estado inicial e do estado final, não dependendo das etapas intercalares. Assim, para qualquer reação que possa ser decomposta em duas ou mais etapas intermédias, a entalpia de reação é dada pela soma das entalpias das reações parcelares, o que constitui a aplicação da lei de Hess (COELHO, 2002).

Figura 10 – Lei de Hess



Fonte: Coelho (2002)

Para a Lei do Equilíbrio Químico podemos exemplificar com a reação do cobre com o ácido nítrico, ocorre a formação do monóxido de nitrogênio (NO), que na presença do oxigênio do ar se oxida rapidamente a NO<sub>2</sub>, um gás vermelho-tijolo.



Uma vez formado em ambiente fechado, o dióxido de nitrogênio forma o tetróxido de dinitrogênio, entrando em equilíbrio. A mudança de temperatura mostra o deslocamento da reação e deixa claro para o aluno que ocorre um equilíbrio assim que a temperatura se estabiliza, podendo-se verificar que a reação ocorre nos dois sentidos:



Esta lei de Antoine de Laurent Lavoisier conclui que numa reação química, que se processa num sistema fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos:  $\Sigma\text{reagentes} = \Sigma\text{produtos}$ . Assim, por exemplo, quando 2 g de hidrogênio reagem com 16 g de oxigênio verifica-se a formação de 18 g de água; quando 12 g de carbono reagem com 32 g de oxigênio ocorre a formação de 44 g de dióxido de carbono (FILHO, IMBERNOM, NETO, 2015).

A lei de Proust pode ser enunciada como: A proporção, em massa, dos elementos que participam da composição de uma substância é sempre constante e independe do processo químico pelo qual a substância é obtida

Tabela 05 – Lei de Lavoisier/ Lei de Proust

Experimento	Hidrogênio (g)	Oxigênio (g)	Água (g)
I	10	80	90
II	2	16	18
III	1	8	9
IV	0,4	3,2	3,6

Fonte: Filho, Imbernom, Neto (2015). Disponível em: <http://qgt-uniban.orgfree.com/teoria/QGT7.pdf>. Acesso 08/09/2015

- O princípio científico – É um tipo de generalização situada no mesmo nível de sistematização da lei científica. Está na base das ciências naturais e é resultado da atividade prática generalizada. É confirmado ao longo dos processos, próprios da ciência, e como produto da sistematização de uma grande quantidade de fenômenos e fatos experimentais. Nas ciências empíricas, os princípios podem assinalar o que se pode esperar conhecer do mundo físico. Na formulação de princípios, na opinião de Albert Einstein, não estão os constituintes hipotéticos, mas as propriedades gerais empiricamente observáveis. Um dos princípios relevantes para a compreensão da reação química é o princípio de Le Chatelier Braun estabelece que qualquer alteração em uma (ou mais) das concentrações das espécies envolvidas no equilíbrio, ou na temperatura ou na pressão (no caso de haver reagentes gasosos), provocará uma reação do sistema de maneira a restabelecer o equilíbrio. Isso ocorre com a minimização da alteração provocada por meio de deslocamento do equilíbrio no sentido dos reagentes (as concentrações dos reagentes aumentam enquanto as dos produtos diminuem) ou dos produtos (as concentrações dos produtos aumentam e as dos reagentes diminuem) (FERREIRA *et. al.*,1997).
- A teoria científica – Nas ciências desenvolvidas, as leis se unificam num todo mais geral, a teoria. Esta organiza conceitos e leis estreitamente vinculados entre si. Essa unificação constitui um estágio superior no processo de sistematização do conhecimento científico. Assim, a teoria científica é um sistema de conhecimentos que explica um conjunto de fenômenos de uma esfera da realidade que, sob um

elemento unificador, integra as leis que se encontram nesse domínio. Essa integração, portanto, não ocorre como um somatório de leis, de modo mecânico. As teorias são, nessa perspectiva epistemológica, um conjunto de várias leis que formam outra lei de caráter mais geral, a teoria.

No estudo das reações químicas, são exemplos de Teorias em Química: Teorias das estruturas das substâncias, Teorias das colisões, Teoria Cinético-Moleculares e Teorias do estado de transição

A estrutura das substâncias e suas propriedades podem se organizar segundo Núñez (1992):

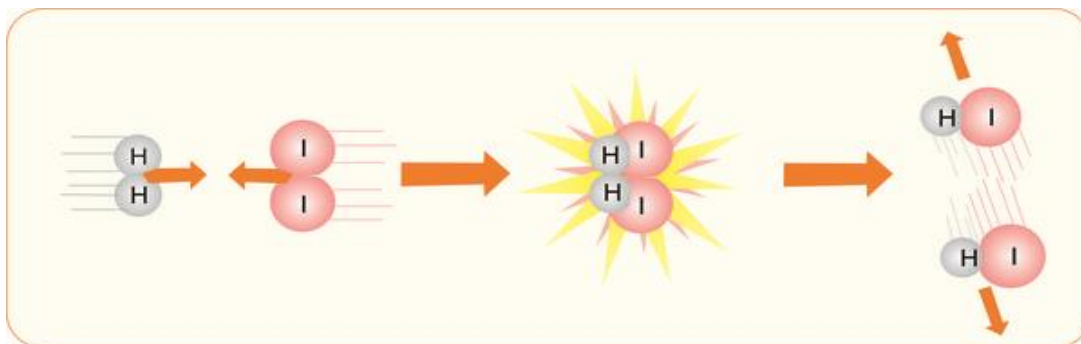
1. Estrutura atômica
2. Lei periódica. Propriedade atômica periódica
3. Ligações Químicas:
4. Propriedade das substâncias

A teoria das colisões ainda prevê que a velocidade da reação depende:

**a) da frequência dos choques entre as moléculas** — um maior número de choques por segundo implicará um maior número de moléculas reagindo e, portanto, maior velocidade da reação;

- a. **da energia (violência) desses choques** — uma trombada violenta (chamada colisão eficaz ou efetiva) terá mais chance de provocar a reação entre as moléculas do que uma trombada fraca (chamada de colisão não-eficaz ou não-efetiva);
- b. **de uma orientação apropriada das moléculas no instante do choque** — uma trombada de frente (colisão frontal) será mais eficaz que uma trombada de raspão (colisão não-frontal); esse fator depende também do tamanho e da molécula.

Figura 11 – Representação gráfica de uma colisão efetiva



Fonte Disponível: <http://educacao.globo.com/quimica/assunto/cinetica-quimica/fatores-que-influenciam-reacoes-quimicas.html>. Acesso em 08/09/2015.

A Teoria da Cinética Molecular de um Gás é constituída por cinco postulados, que descrevem o comportamento dos corpúsculos gasosos. Estes postulados baseiam-se em algumas

noções científicas simples e básicas, mas também envolvem algumas suposições que simplificam os cálculos. Ao ler um postulado, faça duas coisas. Primeiro, tente entender a ideia física básica expressa no postulado; esta ideia será importante na compreensão das propriedades macroscópicas do gás em termos do comportamento das moléculas que constituem o gás. Segundo, tente identificar possíveis limitações ou falhas no postulado. Previsões incoerentes obtidas por uma teoria resultam do uso de postulados imperfeitos na derivação da teoria.

#### Postulados

1. Um gás é constituído por  $N$  partículas (moléculas ou átomos), de massa  $m$  e diâmetro  $d$ , em permanente movimento e que obedecem às Leis de Newton.
2. O tamanho das partículas, que constituem um gás, é desprezável.
3. As colisões entre as partículas são perfeitamente elásticas (isto é, não há ganhos nem perdas de energia durante as colisões).
4. As partículas não interatuam, isto é, não exercem forças atrativas ou repulsivas entre elas.
5. A energia cinética média de uma molécula é  $3kT/2$ . ( $T$  é a temperatura absoluta e  $k$  é a constante de Boltzmann) (TUNES, *et. al.*, 1989).

O Quadro Geral- Conjunto de saberes, métodos, procedimento; valores que são específicos e são específicos e dão identidade à disciplina científica. Configura uma visão geral como elemento do seu paradigma e estrutura a forma de pensar cientificamente nela. O Quadro Geral constitui uma espécie de matriz disciplinar, na qual se interpretam pesquisas e seus resultados, como também se utiliza dele para o ensino da disciplina científica. Deve ser entendido no contexto de uma época histórica determinada, que corresponde a certo grau de desenvolvimento da ciência. Marca não só os elementos conceituais e metodológicos, como também os éticos e estéticos da pesquisa e a educação científica compartilhada por membros da comunidade científica da disciplina (SACRISTÁN, 1998):

Horta (2011) também discute a dimensão crítico-social dos conteúdos que se manifesta:

1. No tratamento científico dos conteúdos.
2. Nos conteúdos, que possuem um carácter histórico, em estreita ligação com o carácter científico.
3. Na vinculação dos conteúdos de ensino às exigências teóricas e práticas de formação dos alunos em função das atividades da vida.

De todo conjunto de conteúdos que possuem a ciência, tanto no sistema de conhecimentos, como no de habilidades, se incorporam os conteúdos de uma disciplina que deve direcionar a formação do profissional. Assim Rodriguez (2003), afirma que na identificação dos conteúdos é necessário observar as funções que ele realiza em seu desenvolvimento histórico, para realizar a ação específica dentro da estrutura da atividade evitando repetições desnecessárias.

Fatores a considerar na escolha/identificação dos conteúdos.

- Fator social: levar em consideração as exigências da sociedade na formação de profissionais; também discutido por Reyes e Pairol (1988)
- Fator lógico: se manifestam nas disciplinas de forma diferente que nas ciências. A lógica da disciplina se estrutura fundamentada nas características dos estudantes nos seus diferentes níveis educativos.
- Fator psicológico: responde as particularidades de idade dos estudantes e as próprias regularidades da aprendizagem. Também discutido por Reyes e Pairol (1988);
- Proposta de fases para a seleção dos conteúdos: a tarefa de seleção dos conteúdos a nível macro (Plano de Estudos) e nível micro (disciplinas) é uma tarefa complexa que requer duas fases:
  - 1ª fase
    - Preparação da seleção:
      - Revisão da literatura especializada
    - Identificação dos conteúdos axiais da disciplina
      - A ajuda de um especialista pode esclarecer mais sobre o campo de conhecimento. Ele pode: Oferecer uma visão ampla sobre a temática; ajudar a discriminar entre o fundamental e o secundário; ajudar a captar as relações existentes entre as ideias centrais.
    - Processo das experiências
      - Não basta conhecer quais os conteúdos fundamentais, mas é necessário relaciona-lo com outras variáveis, como as necessidades sociais e aos objetivos do programa da disciplina.
  - 2ª fase

Determinação dos conteúdos programáticos: se observa a estrutura lógica interna da disciplina, seguindo os seguintes critérios:

- Representatividade: Quando se tem temas diversos dentro de um conjunto e não são todos estritamente necessários, a escolha deve ser feita de forma que reflita o conjunto.
- Exemplaridade: Trata-se de escolher conteúdos fundamentais, com ideias centrais para cada temática. Os conteúdos devem funcionar com organizadores de todos os outros.
- Significação epistemológica: Descobrir os conceitos chaves que atuam como sistema de conexão das estruturas temáticas.
- Transferibilidade: Tem que se privilegiar aqueles aspectos com maior poder de transferência instrutiva. Decidir por conceitos, dados, habilidades, atitudes e valores cujo domínio pode-se generalizar-se a situações distintas.
- Vigência: refere-se à atualização científica, teórica e técnica do campo disciplinar e profissional.
- Congruência: Os conteúdos programáticos devem convergir com os objetivos curriculares do plano de estudos. (RODRIGUEZ, 2003)

Núñez (2009) elucida os princípios didáticos para a estruturação de conteúdos, aqui citaremos alguns como:

- Princípio do caráter científico: o processo educativo, entre outras metas, tem a preocupação com o desenvolvimento do aluno para a educação científica. Esse procedimento tem um reflexo dialético mental da realidade por meio da ascensão do pensamento abstrato ao concreto, associado a abstrações e generalizações essencialmente teóricas. O movimento do abstrato ao concreto supõe a assimilação do conteúdo por meio do geral em relação dialética com o singular e permite o vínculo entre a teoria e a prática.
- Princípio da sistematização do ensino: diz respeito à necessidade de se compreender a aprendizagem como um processo no qual se sistematizam os conteúdos pela via de um número determinado de atividades em um sistema específico. Entende-se que para a assimilação é necessário a realização de um número de vezes suficiente. A aprendizagem é um processo sistematizado essa condição é necessária para que ocorra uma solidez na aprendizagem.
- Princípio do caráter sistêmico do objeto da assimilação: Refere-se a um novo nível de sistematização do processo de aprendizagem, baseado nas contribuições de Sálmina (1997) e de Reshetova (1983). O conteúdo deve ser estruturado em correspondência

com o tipo de orientação (BOA III). Essa orientação indica que o conteúdo deve estruturar-se sobre os núcleos invariantes de conhecimento (essenciais e gerais), de forma que o conteúdo não se apresente de maneira fragmentada, mas que seja possível a transferência da aprendizagem a novas situações.

Deste modo o conteúdo está integrado aos conceitos, habilidades, hábitos, valores e atitudes, formando uma unidade.

## 4.2 A organização dos conteúdos de uma disciplina

O conteúdo como componente da cultura, objeto de estudo da escola, segundo Núñez (2009), está ligado ao conjunto de informações científicas, técnicas de trabalho de uma disciplina científica em particular.

Existem alguns trabalhos Caamaño (2007); Furió *et. al.* (2000); Núñez e Pacheco (1995), que indicam como o conteúdo de Química poderia ser organizado para facilitar a aprendizagem dessa disciplina.

Caamaño (2007) indica que antes de realizar uma seleção adequada dos conteúdos, devemos observar a estrutura lógica da disciplina, seu potencial explicativo, seu nível de complexidade e sua relevância funcional e social.

Para o autor são critérios gerais de sequenciação:

- A seleção de um conteúdo organizador que pode ser os conceitos, os procedimentos ou os conteúdos;
- A definição de perguntas chaves e ideias nas quais vão se estruturar a sequência;
- A adequação a capacidade cognitiva dos alunos;
- Consideração dos requisitos, ou seja, os conceitos prévios necessários para poder compreender um conceito mais complexo;
- O desenvolvimento deve ser contínuo e progressivo das ideias desde o qualitativo ao quantitativo e do simples ao complexo.

Além desses critérios o autor chama a atenção para qual a lógica com que se quer expor os conteúdos.

No campo da Química de acordo com Caamaño (2007), existem duas linhas que se pode escolher. Podemos eleger iniciar a organização dos conteúdos de maneira que o estudo se inicia pelo mundo microscópico (átomos, configuração eletrônica dos átomos, molécula, ligações químicas etc.) e avança para o mundo macroscópico como sequência das hipóteses e teorias que se constrói para interpreta-lo.

O outro caminho seria o contrário o conhecimento começaria a evoluir pela linha histórica dos conceitos, essa linha pode ser de grande ajuda para o entendimento de uma sequenciação histórica conceitual, que objetiva justificar a razão de ser dos conceitos.

O currículo deve ter sempre um caráter espiral, onde exista sempre a possibilidade de ir e vir retomando os conceitos, de maneira que se possa sempre revisar e aumentar os níveis de capacidade cognitiva e de conhecimentos dos alunos (CAAMAÑO, 2007).

Furió *et. al.* (2000) também apresenta uma referência para organizar os conteúdos de Química para superar os obstáculos na aprendizagem de reações químicas. Evidente que a primeira questão chave é o docente dominar o corpo teórico de conhecimentos sobre reações químicas. Esse conhecimento envolve além dos conhecimentos científicos que envolvem o conteúdo, o docente deve conhecer a história da Química referente a evolução das reações químicas, ser capaz de decidir e conhecer os problemas que originaram a construção desse conhecimento, como se articula com outros conceitos, e quais foram as dificuldades atuais de aprendizagem que podem ajudar os professores a conhecer e agir sobre os problemas pois entende-se haver a existência de certo paralelismo entre aqueles problemas e os dos alunos.

Furió *et. al.* (2000) apresenta um currículo para alunos da Espanha com idades de 13 e 14 anos, que se terão contato com a Química como disciplina pela primeira vez. O primeiro desafio para o autor é procurar um fio condutor que consiste na procura de regularidades que permitam explicar a forma unitária a grande diversidade existente no mundo natural. Assim o conteúdo foi dividido em quatro blocos:

- i) Objetos celestes;
- ii) Seres vivos;
- iii) Meio físico terrestre;
- iv) As substâncias e suas transformações.

O último bloco que consiste em o nosso interesse, mas se analisarmos quando estudamos as estrelas, seres vivos e o meio físico terrestre todos conceitos estão ligados as substancias e suas transformações. Furió *et. al.* (2000), apresenta como objetivo principal buscar uma estrutura unitária que permita explicar como estão constituídos os materiais, como se transformam e em particular como explicar essas mudanças.

A história e a epistemologia da Química como fonte de problema, não podem servir como referência principalmente na seleção e sequenciação dos conteúdos.

O primeiro caminho apresentado por Furió *et. al.* (2000) pode basear-se na convergência das principais contribuições do estabelecimento da Química como ciência moderna:

- Centrar a atenção no estudo dos gases e seu comportamento unitário permitindo estabelecer facilmente um modelo microscópico para os gases que pode ser aplicado a líquidos e sólidos;
- Os estudos das reações químicas que sofrem os materiais nos permitem em princípio diferenciar as misturas de substância, introduzir os conceitos macroscópicos de compostos e substâncias simples, assim como diferenciar entre transformação física e química. A modelização microscópica desses processos implicará em emissão de hipóteses atômica e molecular da matéria.

Uma segunda decisão a considerar é o desenvolvimento dos conteúdos conceituais sempre os relacionando entre os níveis macro, micro e simbólico.

Núñez e Gonzalez (1995) em seu artigo “La Estructuración de los Contenidos de la Disciplina Química General apresenta critérios mais eficientes na estruturação dos conteúdos de Química para o curso da Engenharia Mecânica do Instituto Superior politécnico José A. Echeverría da cidade de Habana, em Cuba. Esse trabalho orienta a necessidade de se identificar núcleos privilegiados de conteúdos, baseados na teoria de J. Bruner.

J. Bruner indica em seus trabalhos que a estruturação dos conteúdos deve seguir uma sequência racional, assim tratada pela pedagogia americana e ocidental. Existindo a necessidade de identificar os núcleos privilegiados das disciplinas científicas

### **4.3 Diferentes formas de organização do conteúdo**

Dos três pressupostos (epistemológico, antológico e conceitual) esse trabalho tem interesse de discutirmos o terceiro, pois a partir das dificuldades conceituais das teorias químicas, conheceremos os obstáculos para a compreensão das reações químicas como um sistema complexo. Assim a necessidade de discutirmos como estão organizados e hierarquizados os conteúdos na disciplina, nos permite a partir das dificuldades refletirem sobre essa organização conceitual.

#### **4.3.1 Ensino Tradicional**

No enfoque de ensino tradicional a formação quase que exclusivamente do professor ocorre de forma disciplinar, com pouca bagagem didática, junto com um forte caráter seletivo, pois esse ensino normalmente está voltado a preparar para a universidade do que a dar ao aluno uma formação mais ampla de sua personalidade.

O conteúdo nesse enfoque é apresentado pronto, quase como fatos, algo dado. O conhecimento científico é assumido, a partir de um saber absoluto, ou no mínimo como um saber mais verdadeiro possível, o produto mais acabado da exploração humana sobre a natureza, e, portanto, aprender ciências requer impregnar-se desse conhecimento. Nesse enfoque tudo o que o aluno precisa fazer é reproduzir esse conhecimento, ou, caso se prefira incorpora-lo em sua memória. Para isso é necessário um roteiro, a lógica marcada pelos próprios saberes disciplinares, tanto na formação dos professores- que também deve ser baseada na apresentação dos últimos avanços científicos- como no próprio desenvolvimento do currículo.

#### 4.3.1.1 Atividades de ensino segundo o enfoque tradicional

Se a ciência transmite um saber verdadeiro, avaliado pelas autoridades acadêmicas, o professor é seu porta-voz e sua função é apresentar aos alunos os produtos do conhecimento científico, da forma mais rigorosa e compreensível possível. Ao professor deve-se a tarefa de explicar o conteúdo, ao aluno o de copiar e repetir as demonstrações feitas pelo professor.

#### 4.3.1.2 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque tradicional

Nesse enfoque, o único critério utilizado para determinar os conteúdos que são relevantes e como devem ser organizados no currículo é o conhecimento disciplinar, entendido como o corpo de conhecimentos aceitos em uma comunidade científica. São dados como exemplos o calor e a energia ou a energia de ionização, que são conceitos essenciais da ciência, sem os quais ela não faz sentido.

As atividades nessa concepção de ensino seguem muito o formato de ensino das universidades. O currículo será melhor quanto mais científico for, ou seja, quanto mais acadêmico resulte. Os conhecimentos são apresentados como saberes estáticos e acabados e já estabelecidos.

A forma de organizar e sequenciar os conteúdos no currículo deve ser exclusivamente a lógica da disciplina correspondente assim a hierarquização segue o processo indutivo, indo do simples ao complexo- baseado nas análises das tarefas de atividades segundo Pozo e Gómez (2009).

Figura 12 – Organograma de uma hierarquização para os conceitos de oxidação e redução



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichatecnicaaula.html?aula=18739>

Essa concepção educacional responde a uma longa tradição que remonta às próprias origens dos sistemas educacionais formais, que sempre apresentaram como objetivo conseguir que os alunos e futuros cidadãos reproduzam e perpetuem os conhecimentos, valores e destrezas próprios de uma cultura. Contudo esse modelo tradicional, não mais pode ser aceito, ou pelo menos totalmente aceito, pois é pouco funcional no contexto de uma sociedade de conhecimento dinâmico como se caracteriza a sociedade de hoje.

#### 4.3.2 Ensino por Resolução de Problemas

A resolução de problemas se constitui em campo metodológico e epistemológico do ensino de ciências. Enquanto metodologia de ensino permite o trabalho pedagogicamente orientado por situações instigantes, a construção de concepções científicas adequadas e o desenvolvimento de atitude científica nos contextos das aulas de ciências. Como campo epistemológico, fundamentado principalmente no trabalho de Larry Laudan (1977), permite compreender a ciência como empreendimento humano focado na resolução de problemas empíricos e conceituais que promovem o desenvolvimento teórico e experimental da ciência.

A perspectiva da Resolução de Problemas supõe uma maior aproximação do estudante a uma metodologia científica e investigativa com fins didático-pedagógicos, sem considerá-lo como um cientista-mirim (SILVA, SILVA, NÚÑEZ, 2004).

No processo de ensino e aprendizagem o estudante deverá ser levado a mobilizar constantemente seu conhecimento realizando uma inter-relação contínua entre teoria e

aplicação prática e, o ensino baseado na resolução de problemas, pode contribuir para a integração dos conhecimentos declarativos e procedimentais.

Em seus estudos, Vygotsky (1999) destaca a importância do papel do problema no processo da formação de conceitos, que ocorre pelo resultado de uma complexa atividade das funções intelectuais como a atenção, a associação, a formação de imagens, a memória e a capacidade de comparar e diferenciar.

Uma das propostas observadas nos artigos analisados foi a de classificar os problemas ou situações-problema de acordo com alguns critérios que se incorporam em duas linhas: primeiro, a classificação baseada no sujeito que resolve, segundo, no tipo de pensamento que esse sujeito irá desenvolver para tal ou de acordo com as características da tarefa. Neste trabalho, assumimos situação-problema como sendo um estado psíquico de dificuldade intelectual, em que o estudante, diante de uma tarefa, não pode explicá-la nem resolvê-la com os meios que dispõe, embora estes meios sejam suficientes para compreender a situação (NÚÑEZ, *et. al.*, 2004).

A proposta de resolução de problemas também tinha como objetivo ser uma medida impulsionadora para introduzir um ensino mais dinâmico e centrado no estudante, visando contribuir para consolidar da melhor forma uma aprendizagem considerada útil, não só ao longo da vida profissional, mas também no dia a dia. O recurso a um ensino orientado para a Resolução de Problema modificava os processos de ensino e alterava a posição do professor na sala de aula, dando aos alunos uma maior liberdade e autonomia no seu aprendizado (ESTEVES, COIMBRA, MARTINS, 2006).

Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas também em desenvolver neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta (POZO, GÓMEZ, 2009).

Para os autores, o problema, no entanto, representa a contradição que caracteriza a situação-problema assimilada-internalizada pelo aluno. Sendo assim:

- a) a situação-problema; revela uma contradição e representa o desconhecido;
- b) o problema; expressa a assimilação consciente da contradição, que permite organizar a solução. Representa o procurado (NÚÑEZ *et. al.*, 2004).

Para resolver uma situação-problema, deve-se realizar operações que produzam novas informações, confirmem ou resolvam o que está sendo proposto. No currículo do Ensino Médio, especificamente no de Ciências Naturais e Matemática, é necessário que os alunos elaborem

critérios pessoais e raciocinados sobre questões científicas e tecnológicas através de informações originadas de diferentes fontes.

Essas operações ou competências são principalmente as seguintes: interpretar, analisar, comparar, etc. Uma outra atividade importante a ser realizada é comparar, entre as alternativas oferecidas, a que melhor corresponde ao que foi perguntado e ao que o avaliador sabe ou concluiu sobre o que se perguntou (BRASIL, 2009).

#### 4.3.2.1 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Da Resolução de Problemas

Como o ENEM (BRASIL, 2000) explica que para resolver uma situação problema implica selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados para tomar uma decisão. A solução de problemas está mais relacionada segundo Pozo e Gómez (2009) à aquisição de procedimentos eficazes para a aprendizagem, sendo um procedimento definido como:

“Um conjunto de ações organizadas para a consecução de uma meta”. Orientar o currículo no sentido da resolução de problemas significa procurar planejar situações suficientemente abertas para induzir nos alunos uma busca e apropriação de estratégias adequadas, não somente para darem resposta a pergunta escolar como também à realidade cotidiana.

Para Pozo e Gómez (1998) no âmbito da mudança curricular, um elemento essencial é o projeto de tarefas ou problemas escolares, não como imitação ou aproximação forçada à pesquisa científica, mas como uma forma de ajudar os alunos a adquirir hábitos e estratégias de resolução de problemas mais próximos das ciências, assim como diferenciar as tarefas e contextos nos quais esses métodos se tornam mais eficazes do que essa abordagem cotidiana.

Tipo de problemas escolares:

- Qualitativo: aqueles que os alunos precisam resolver através de raciocínios teóricos, baseado nos seus conhecimentos proporcionado pela ciência. São geralmente problemas abertos, nos quais eles devem predizer ou explicar um fato, sem se basear em cálculos matemáticos e que requer sua resolução a experiências ou de manipulação experimentais.
- Quantitativo: aqueles que os alunos devem manipular dados numéricos e trabalhar com eles para chegar a resolução do problema, seja ela numérica ou não.
- Pequenas Pesquisas: são trabalhos nos quais os alunos devem obter respostas por meio de um trabalho prático, sendo uma aproximação simplificada do trabalho científico.

Os conteúdos educacionais segundo Pozo e Gómez (1998) é o conjunto de conhecimentos, de aspectos culturais e da experiência humana que a escola se encarrega de

ensinar. Esse conjunto deve incluir os saberes declarativos (o saber dizer), ou seja, dados, acontecimentos, conceitos, hipótese explicativas, etc, denominada no currículo de “CONCEITOS”. Inclui conhecimentos tipo prático ou técnico (saber fazer), ou seja habilidades, estratégias e técnicas de trabalho denominadas de “PROCEDIMENTOS”, e por último também inclui o conjunto de conhecimentos que compreende hábitos, atitudes, valores, etc. (o saber conduzir), o currículo chama de “ATITUDES”.

#### 4.3.3 Ensino por Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel, a aprendizagem da ciência consiste em “transformar o significado lógico em significado psicológico”, ou seja, em conseguir que os alunos como próprios os significados científicos. Para isso, a estratégia didática deverá consistir em uma aproximação progressiva das ideias dos alunos aos conceitos científicos, que formará o núcleo dos currículos de ciências.

Se o objetivo da educação científica, do ponto de vista desse enfoque, é transmitir aos alunos a estrutura conceitual das disciplinas científicas, que é o que constitui seu “significado lógico”. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p.466) qualquer currículo de ciência digno de tal nome deve ocupar-se da apresentação sistemática de um corpo organizado de conhecimento como um fim específico em si mesmo. Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, Ausubel anunciaria: “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; identifique isso e ensine-o de acordo”.

##### 4.3.3.1 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque da Aprendizagem Significativa.

Se a alvo da educação científica é conduzir aos alunos esses “corpos organizados de conhecimento” que compõem as disciplinas científicas, o critério fundamental para organizar e sequenciar os conteúdos do currículo de Química deve ser a própria estrutura conceitual dessa disciplina, ou as estruturas das Ciências. Ausubel considera, também, que o tanto o conhecimento disciplinar com o seu aprendizado estão estruturados de acordo um princípio de diferenciação progressiva que deve conduzir a organização do currículo. Esse princípio indica que a “organização do conteúdo de uma disciplina em particular na mente de um indivíduo deve consistir em uma estrutura hierárquica em que as ideias mais inclusivas ocupam o ápice e incluem as proposições, os conceitos e os dados fáticos progressivamente menos inclusivos e mais finamente diferenciados” (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1978).

Quadro 13 – Principais diferenças entre tipos de conhecimentos conceituais.

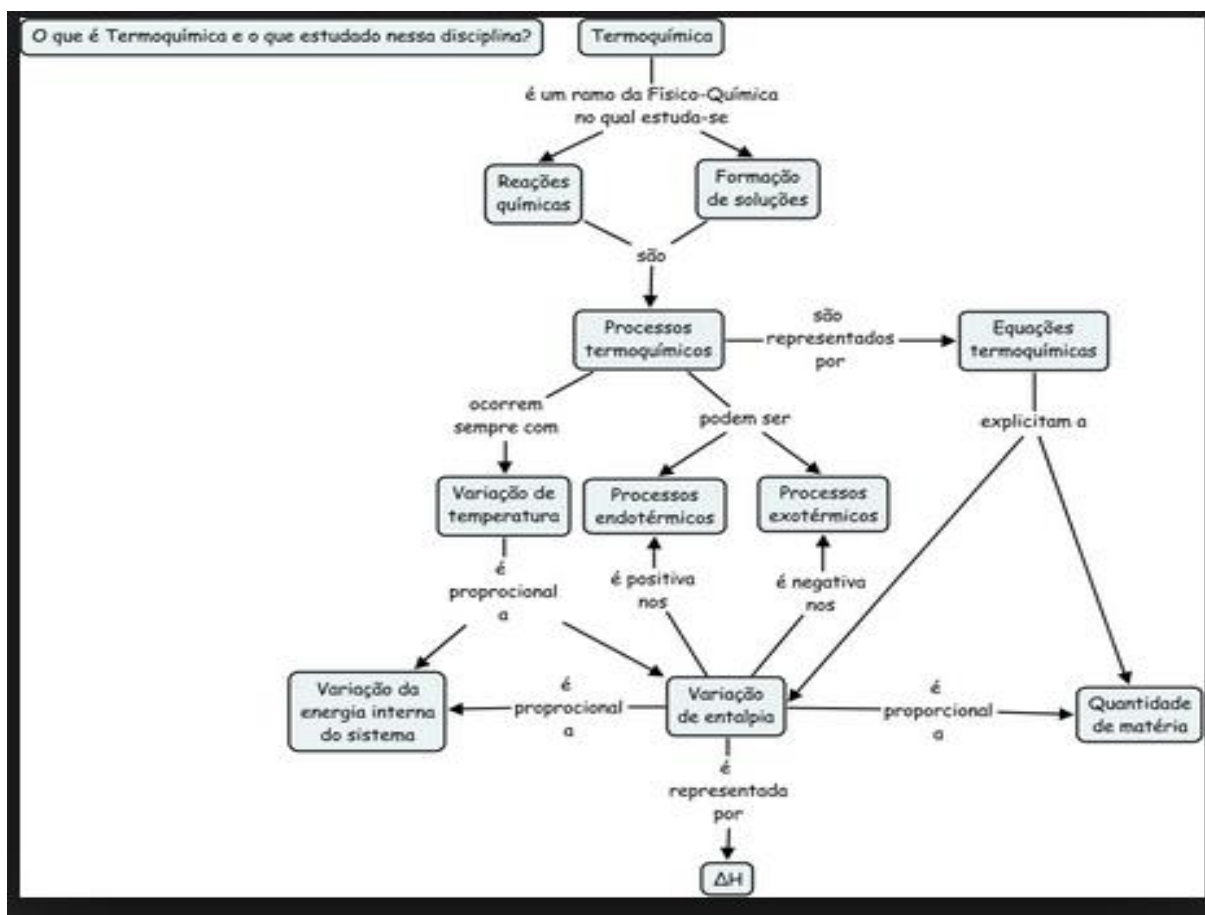
Diferença entre Fatos e Conceitos como conteúdos de Aprendizagem		
	Fato	Conceito
Consiste em	Cópia literal	Relação com conhecimentos anteriores
É aprendido	Por revisão (repetição)	Por compreensão (significado)
É adquirido	De uma vez	Gradualmente
É esquecido	Rapidamente	Lenta e gradualmente

Fonte: Pozo (1992)

O currículo deve ir do geral ao específico, mediante processos de diferenciação conceitual progressiva. (POZO, GÓMEZ, 2009). Não esquecendo o conhecimento prévio onde cada conhecimento novo deverá se apoiar nos conteúdos anteriores e se relacionar explicitamente com ele.

Exemplo de mapa conceitual representado na figura 13 de Pozo e Gómez, 2009

Figura 13 – Mapa conceitual para o conceito de Termoquímica.



Fonte: Pozo; Gómez (2009)

A aprendizagem da Química como de qualquer ciência como se confirma na elaboração de um mapa conceitual sugere não só aumentar o número de relações entre conceitos, mas sobre tudo explicar o significado das relações usadas qualificando-as, criando uma rede de conceitos que seja a mais completa possível.

Para Pozo e Gómez (2009) ao assumir que os novos conhecimentos dentro dessa concepção devem estar ancorados nos conhecimentos prévios dos alunos e que o processo de instrução deve ser dirigido por uma diferenciação progressiva, somente quando existiam conceitos inclusivos ou pontes cognitivas entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico será possível chegar a uma aprendizagem significativa.

#### 4.3.4 Ensinos por Descoberta

Frente a ideia de que a melhor forma de ensinar ciências seria a de transmitir aos alunos os produtos das atividades científicas, outra corrente importante é a da aprendizagem por descoberta, que afirma que a ciência é aprendida quando os alunos “fazem ciência”, onde o ensino é baseado nas experiências que permitem a eles experimentar, investigar e reconstruir as principais descobertas científicas. Este enfoque está baseado no suposto de que a metodologia didática, mas potente é, de fato a própria metodologia da pesquisa científica, seguindo os passos dos cientistas.

A ideia de que os alunos podem ter acesso aos conhecimentos científicos mais relevantes por meio de uma descoberta mais ou menos pessoal parte do pressuposto de que eles estão dotados de capacidades intelectuais similares às dos cientistas, ou seja, que em termos de postura analisadas há uma compatibilidade básica entre a forma como os cientistas abordam as tarefas e a forma como são abordadas pelos alunos. As maneiras de pensar de alunos e cientistas não diferem no essencial quando estão diante do mesmo problema e vivenciam as mesmas experiências.

Trata-se de uma concepção que pode ser enquadrada no realismo interpretativo ou uma concepção indutivista da ciência segundo o qual o que diferencia e identifica o conhecimento científico é apenas o método ou forma de acender a ele (WAGENSBERG,1993).

##### 4.3.4.1 Atividades de ensino segundo o enfoque por Descoberta

As atividades devem ser semelhantes as próprias atividades de pesquisa. Uma vez que o método científico também é o método de ensino, trata-se é de projetar cenários para a descoberta e de fazer com que o papel do professor e da didática seja o menos visível possível.

Fazer ciência e aprender ciência é a mesma coisa. O professor deve facilitar a descoberta dos alunos a partir de certas atividades mais ou menos guiadas. Jerome Bruner destaca o processo da descoberta, através da exploração de alternativas e o currículo em espiral.

O método da descoberta consiste de conteúdos de ensino percebidos pelo aprendiz em termos de problemas, relações e lacunas que ele deve preencher, a fim de que a aprendizagem seja considerada significativa e relevante. Com isso, o ambiente para a aprendizagem por descoberta deve proporcionar alternativas, resultando no aparecimento de relações e similaridades. Segundo Bruner, a descoberta de um princípio pelo aprendiz, é essencialmente idêntica à descoberta que um cientista faz em seu laboratório. (OSTERMANN, CALVALCANTI, 2010).

O currículo em espiral, por sua vez, significa que o aprendiz deve ter a oportunidade de ver o mesmo tópico mais de uma vez, em diferentes níveis de profundidade e em diferentes modos de representação. As fases de uma atividade por descoberta:

- 1- Apresentação de uma situação-problema;
- 2- Observação, identificação de variáveis e coletas de dados;
- 3- Experimentação para comprovar as hipóteses formuladas sobre as variáveis e os dados;
- 4- Organização e interpretação dos resultados;
- 5- Reflexão sobre o processo seguido e os resultados obtidos.

Uma sequência desse tipo, muito similar às que são postuladas em diversos modelos de ensino baseados na resolução de problemas, envolve um trabalho docente muito diferente do que é exigido no enfoque tradicional. O professor não oferece respostas prontas e acabadas para o aluno, pelo contrário apresenta o problema e deixa que ele mesmo busque suas respostas. O professor funciona mais como um coordenador de uma pesquisa (POZO 1996). As dúvidas e os conflitos são os próprios alunos que devem resolver.

#### 4.3.4.2 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque por Descoberta

Os critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque “por Descoberta” é semelhante ao enfoque tradicional, ou seja, unicamente disciplinar. Não segue exatamente esse critério porque não podemos dizer que os saberes não são estáticos, acabados, mas sim problemas que precisam ser encarados na busca de uma solução. O currículo é organizado em torno de perguntas mais do que de respostas. Assim entende-se que a história da

ciência deve cumprir um papel importante na organização e sequenciação dos conteúdos dentro dessa concepção, situando o aluno no papel do cientista.

O ensino deve ser a aplicação do método científico, e isso deverá ser assumido no currículo, que terá como papel principal o desenvolvimento de um pensamento científico formal nos alunos uma vez que é isso que garantirá o acesso aos conteúdos conceituais mais relevantes. A ciência não seria um sistema de teorias para interpretar o mundo e sim uma forma para aproximar o mundo e indagar sobre ele, de modo que, do ponto de vista dos conteúdos do currículo, assume-se que a ciência é, antes de qualquer coisa, um processo. (WAGENSBERG, 1993). Então como podemos prever as tarefas para esse ensino são segundo essa concepção, as próprias atividades de pesquisa, e como os alunos devam alcançar determinados níveis (elevados) de compreensão dos objetos que investiga, entendemos que essa concepção tenha muitos problemas para atingir seus objetivos, pois frequentemente esses objetivos não devem ser atingidos.

#### 4.3.5 O ensino por Conflito Cognitivo

Nesse enfoque, as concepções alternativas ocupam um lugar central, de maneira que a meta fundamental da educação científica será mudar essas concepções intuitivas dos alunos e substituí-las pelo conhecimento científico.

Strike e Posner (1992) afirmam que a ideia de que o aprendizado da Química ou de uma ciência deve ser adquirido por meio de uma descoberta pessoal dos alunos ou de uma instrução direta por parte dos professores, os modelos baseados no conflito cognitivo aceitam uma posição intermediária.

O que se objetiva é a partir das concepções alternativas dos alunos, confrontando-as com situações conflitivas, e assim conseguir uma mudança conceitual, apreendida como uma substituição por outras teorias mais potentes, ou seja, mais próximas do conhecimento científico.

Para Pozo e Gómez (2009) o ensino pelo conflito cognitivo assume a ideia de que é o aluno que elabora e constrói seu próprio conhecimento e que deve tomar consciência de suas limitações e resolve-las.

A forma para conseguir essa mudança é fazer com que o aluno perceba os limites de suas próprias concepções alternativas, sentindo-se insatisfeitos com elas e assim sentir-se dispostos a mudar adotando outros modelos. Para atingir essas metas é necessária uma reorganização do currículo como já estamos afirmando.

#### 4.3.5.1 Critérios para selecionar e organizar o conteúdo segundo o enfoque por Conflito Cognitivo

Esse enfoque não costuma ser muito claro quanto a organização e seqüenciação de conteúdo. São os núcleos conceituais da Química, ou de qualquer ciência que constituem o eixo do currículo. Os conteúdos procedimentais e atitudinais não desempenham praticamente nenhum papel nesse currículo. Sendo assim esse enfoque não difere muito da proposta tradicional e da aprendizagem significativa a medida que o aluno deva compreender os sistemas conceituais nos quais está baseado o conhecimento científico, a única diferença é que nesse enfoque é necessário ocorrer uma “revolução conceitual” no cognitivo do aluno.

A proposta desse enfoque está voltada a combater as concepções alternativas dos alunos uma a uma, sem muito critério hierárquico entre elas. Foram tomadas como critério de análise de organização do currículo as ideias mantidas pelos alunos sobre diversas esferas da Química como (densidade, calor, etc.) em vez de teorias de domínio nas quais estavam englobadas ou dos princípios nos quais elas se sustentavam.

A aprendizagem por conflito cognitivo apresenta três finalidades:

- a) O aluno deve sentir-se insatisfeito com suas próprias concepções
- b) Deve haver uma concepção que seja inteligível para o aluno
- c) Essa concepção deve ser verossímil para o aluno
- d) Para o aluno, a nova concepção deve parecer mais potente que suas próprias ideias.

Uma resposta cognitivamente mais complexa, e que produziria maior mudança na estrutura de conhecimento seria constituir certas diferenciações ou generalizações conceituais dentro da própria teoria para resolver o conflito. Essas respostas seriam equivalentes aos processos de ajustes na mudança conceitual. A resposta mais radical seria a reestruturação profunda da própria teoria, dando lugar a uma mudança conceitual radical que afete os princípios que a sustentam (infrequente) (POZO, GÓMEZ ,2009).

Ressaltamos assim que a aprendizagem por conflito cognitivo demanda de muito cuidado com o planejamento das tarefas, pois necessitamos inicialmente resolver os conflitos internos do aluno e o aluno deve a partir da explicação tomar consciência dos seus erros e assumir a superioridade das teorias científicas. Entendemos como um processo de convencimento, através do uso da argumentação científica.

#### 4.3.6 Ensino pela Teoria da Elaboração

Reigeluth (1999) afirma que a teoria da elaboração ajuda os usuários a “selecionar e arranjar os conteúdos em sequência de tal forma a otimizar a organização de objetos de aprendizagem (OAs).

Nessa teoria o processo de aprendizagem de acordo com Reigeluth deve conter sete componentes;

1. Sequência de elaboração: O processo de aprendizagem deve caminhar do simples ao complexo;
2. Pré-requisitos de aprendizagem: Uma ideia deve ser apresentada depois que todos os requisitos para a sua compreensão tiverem sido apresentados;
3. Revisões: Em cada módulo deve ser feita uma revisão sucinta do conteúdo dos módulos anteriores (conceitos e exemplos)
4. Interações: Devem ser usados “integradores” definidos como elementos (gráficos, textos, quadros etc) que ajudam o aluno a integrar cada conceito num todo significativo e relaciona-lo com seu conhecimento anterior;
5. Analogias: A definição ou introdução de uma ideia nova através de ideias conhecidas (analogias) deve ser utilizada para facilitar o estabelecimento de relações com o conhecimento anteriormente adquirido pelo aluno.
6. Ativadores da estratégia cognitiva: Os ativadores da estratégia cognitiva estimulam o processo de aquisição de informação do aluno; ativadores internos são figuras, diagramas, analogias etc, que forcem o aluno a interagir com o conteúdo; ativadores externos são instruções explícitas dadas ao aluno para que faça algo que vai ajudar a ancoragem do novo conhecimento no conhecimento que ele já tinha.
7. Controle pelo aluno: O aluno deve ser encorajado a ter controle sobre o conteúdo e sobre a estratégia de aprendizagem: a clara identificação dos componentes dessa estratégia facilita seu controle por parte do aluno.

##### 4.3.6.1 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Teoria da Elaboração

Nessa teoria, a instrução deve ser organizada em ordem crescente de complexidade. Por exemplo, para ensinar uma tarefa, primeiro é apresentada uma versão mais simples, e depois adicionadas mais lições, aumentando a complexidade até que a tarefa seja ensinada.

Reigeluth (1999) desenvolveu o Método da Simplificação de Condições (SCM), o qual fornece a informação relevante a respeito do espaço e da sequência do conteúdo instrutivo. O

SCM é composto de duas partes, sumário e desenvolvimento. Sumário significa encontrar a versão mais simples da tarefa que deve ser ensinada e que represente a tarefa inteira. Desenvolvimento significa ensinar aos estudantes versões cada vez mais complexas da tarefa. O SCM pode ser resumido nas seguintes etapas.

- a) Preparar a análise do conteúdo e do projeto instrucional
- b) Identificar a versão mais simples da tarefa a ser ensinada, dando a atenção especial à simplificação das condições, isto é, as condições que tornam esta versão da tarefa mais simples do que a outra.
- c) Analisar a organização do conteúdo para esta tarefa. A organização do conteúdo é realizada através de diferentes estratégias organizacionais pelos métodos processuais, heurísticos ou a combinação dos dois.
- d) Analisar o conteúdo de apoio ou de pré-requisito
- e) Decidir o tamanho da instrução individual. O tamanho apropriado é situacional e varia dependendo dos diferentes fatores como o tempo, a habilidade do estudante, a dificuldade do conteúdo etc.
- f) Determinar a sequência do conteúdo.
- g) Identificar a versão seguinte da tarefa (primeira elaboração)
- h) Analisar o conteúdo organizado, o conteúdo de apoio e determinar o tamanho e a sequência do conteúdo (etapas c a e) para a versão seguinte da tarefa.
- i) Retornar a etapa g identificando as versões restantes da tarefa e as instruções do projeto.

#### 4.3.7 Ensino pelos Conceitos Estruturantes

Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos de grande amplitude que identificam e organizam os campos de estudos de uma disciplina escolar, considerados fundamentais para a compreensão de seu objeto de estudo e ensino. Como constructos atrelados a uma concepção crítica de educação, os conteúdos estruturantes da Química devem considerar, em sua abordagem teórico metodológica, as relações que estabelecem entre si e entre os conteúdos básicos tratados no dia-a-dia da sala de aula nas diferentes realidades.

Pozo (2000) esclarece que os conceitos estruturadores são fundantes das áreas de conhecimento e devem atravessar todos os conteúdos das matérias. Os conceitos das áreas são princípios, de alto nível de abstração (igualdade na matemática, conservação em física, tempo histórico na história) e os das disciplinas são os específicos, que podem ser objetos de estudo em uma unidade bloco de unidades ou projetos.

A noção de conceito estruturante ou articulador remete, inicialmente, à identidade de cada disciplina escolar ou de uma determinada área de conhecimento, que articula mais de uma disciplina.

Propõe-se, então, que o ensino de Ciências aconteça por integração conceitual e que estabeleça relações entre os conceitos científicos escolares de diferentes conteúdos estruturantes da disciplina (relações conceituais); entre eles e os conteúdos estruturantes das outras disciplinas do Ensino Médio (relações interdisciplinares); entre os conteúdos científicos escolares e o processo de produção do conhecimento científico (relações contextuais).

Alguns autores, como Fernando Hernández, sugerem que o conceito estruturante (ou articulador) é uma estratégia interdisciplinar ou transdisciplinar (ver verbete Multi, Inter, Transdisciplinaridade) justamente porque estaria diretamente relacionado aos paradigmas ou modelos explicativos de grandes áreas de pensamento. Essa experiência, para Hernández, permite aos alunos construir as seguintes estratégias de interpretação:

- Questionar toda forma de pensamento único, o que significa introduzir a suspeita e questionar a realidade baseada em verdades estáveis e objetivas;
- Reconhecer, diante de qualquer fenômeno que se estude, as concepções que o regem, a realidade que representam e as representações que tratam de nela influir;
- Incorporar uma visão crítica que leve a perguntar-se a quem beneficia essa visão dos fatos e a quem marginaliza;
- Introduzir, diante do estudo de qualquer fenômeno, opiniões diferenciadas, de maneira que o aluno comprove que a realidade se constrói a partir de pontos de vista diferentes e que alguns se impõem diante de outros, nem sempre pela força dos argumentos, mas também pelo poder de quem os estabelece;
- Colocar-se numa perspectiva de um certo relativismo, no sentido de que toda realidade responde a uma interpretação, e que as interpretações não são inocentes, objetivas nem científicas e, sim, interessados, pois amparam e veiculam visões do mundo e da realidade que estão conectadas a interesses que quase sempre têm a ver com a estabilidade de um status quo e com a hegemonia de certos grupos.

#### 4.3.7.1 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Conceitos Estruturadores

O Conceito Estruturador é um pilar para a organização de currículos que buscam conectar as disciplinas e atribuir sentido às aprendizagens escolares. É uma base para superar a organização disciplinar fragmentada das matérias na estrutura curricular em mosaico ou

cadeiras, isto é, por matérias, com tempos separados e fronteiras bem definidas entre elas (LOPES, 1999).

A seleção dos conteúdos de ensino de Ciências deve considerar a relevância dos mesmos para o entendimento do mundo no atual período histórico, para a constituição da identidade da disciplina e compreensão do seu objeto de estudo, bem como facilitar a integração conceitual dos saberes científicos na escola. Sendo assim, os conteúdos de Ciências valorizam conhecimentos científicos das diferentes Ciências de referência – Biologia, Física, Química, Geologia, Astronomia, entre outras. A metodologia de ensino deve promover inter-relações entre os conteúdos selecionados, de modo a promover o entendimento do objeto de estudo da disciplina de Ciências. Essas inter-relações devem se fundamentar nos Conteúdos Estruturantes.

A área deve agregar disciplinas afins que necessitam da construção de um mesmo princípio, mais abrangente.

Assim, sugerem-se atualmente pelo menos quatro áreas: Matemática e suas tecnologias, Ciências Humanas e suas tecnologias, Linguagens e suas tecnologias e Ciências da Natureza e suas tecnologias.

Os conceitos estruturantes possibilitam ao aluno compreensão à trajetória da construção de uma área de conhecimentos a partir dos conceitos que ela foi criando para explicar temas ou questões específicas. Pelo conceito estruturante, e não pela mera listagem de informações (LOPES, MACEDO, 2002)

O conceito estruturador é importante para uma organização de um currículo integrado, em rede, ou através de projetos. É um suporte para a ruptura com a organização disciplinar fragmentada do trabalho escolar. Para explicitá-lo, o melhor exercício é um estudo coletivo nas escolas, por meio de debates e leituras que fundamentem as opções dos professores e, posteriormente, legitimem a reordenação curricular.

Para o professor e a organização curricular, o conceito estruturante é fundamental na seleção do que será ensinado. É um modo mais ordenado de definir temas, questões-problema e mesmo organizar projetos nos quais os conteúdos disciplinares possam ser trabalhados num enfoque globalizador.

Com os conceitos estabelecidos, o professor terá o roteiro para seu planejamento sem limitar o trabalho a um leque de informações. Imaginemos que a escola queira definir sua prática em projetos ou em atividades integradas. Esbarra às vezes na dificuldade da formação disciplinar do professor ou mesmo na necessidade de trabalhar determinado conteúdo. Quase

sempre esse conteúdo está restrito a um tema que incorpora um conceito (LOPES, 1999). Ao ficarem claros os conceitos estruturadores do currículo, a escola poderá:

- Elencar projetos definindo neles exatamente quais disciplinas estarão envolvidas exatamente por propiciarem sua construção;
- Trabalhar com o currículo recursivo, retomando, em vários momentos do ensino – ciclos, séries, módulos – aquela construção conceitual definida;
- Reorganizar a avaliação tendo por referência o que o aluno está entendendo acerca de um conceito em construção e desligando-se da atual lógica de acertar ou errar questões em provas;
- Pesquisar a mudança conceitual de cada disciplina, produzindo conhecimento sobre as categorias de análise que referenciam as disciplinas.

Para fazer essa reestruturação curricular baseada em conceitos estruturadores nas escolas, será importante:

- Fazer discussões que levem a conclusão entre as disciplinas, o seu papel na organização dos saberes escolares e a necessidade de integração entre os conteúdos escolares. Essa discussão redefine o que é conteúdo escolar e qual o papel das disciplinas e das áreas de conhecimento na composição de um currículo integrado ou em rede, ou transdisciplinar ou interdisciplinar;
- Rediscutir quais são as áreas que ordenam o currículo nas escolas. Uma referência para isso está nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 2002).

Outra é a discussão de Sacristán (1998), com os códigos da especialização do currículo. Após a definição das áreas, levantar os conceitos que as fundamentam, por exemplo: na área de humanas, o tempo, o espaço, a sociedade, a ética. Essa área será estruturante das disciplinas: História, Geografia, Sociologia, Filosofia e Formação Cristã (quando houver).

Depois dos conceitos das áreas, definem-se os conceitos por disciplina.

- Identificar as habilidades e competências que devem ser construídas explicitando os procedimentos e atitudes que serão desenvolvidos ao longo do processo de escolarização.

Com tais referências, a escola poderá ordenar projetos para serem desenvolvidos sem perder a referência dos conceitos, procedimentos e atitudes que compõem cada processo formador.

#### 4.3.8 Ensino por Temas Geradores

Temos assim o Tema Gerador, presente no “universo temático” do povo, cujo (...) conjunto de temas em interação, constitui o 'universo temático' da época (FREIRE, 1987).

Para A proposta pedagógica fundamentada como “Tema Gerador” é compreendida como um processo de formação permanente e coletiva dos educadores, envolvendo toda a comunidade escolar, na perspectiva de buscar a superação da dicotomia entre teoria e prática a partir dos conflitos e contradições vivenciados no contexto da escola pública. A participação contextualizada dos sujeitos na construção de suas práticas pedagógicas é uma exigência política, epistemológica e sociocultural para a qualificação do fazer educativo nos diferentes momentos do processo de construção curricular: desde a caracterização das dificuldades enfrentadas no cotidiano da escola convencional até o momento de preparação de atividades pedagógicas para sala de aula, sendo estas organizadas a partir da seleção de falas significativas da comunidade, temas geradores sistematizados em redes de relações – que procuram, dialeticamente, articular diferentes dimensões da realidade sociocultural – e por recortes pertinentes do conhecimento universal sistematizado, realizados pelos educadores das diferentes áreas do conhecimento (SILVA, 2004).

Temas Geradores, os quais são elaborados com os educandos e não para os educandos, como explícita a pesquisa de campo realizada na comunidade dos futuros educandos buscando, assim seu *universo vocabular*. Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), os temas geradores têm como princípios básicos:

uma visão de totalidade e abrangência da realidade; a ruptura com o conhecimento no nível do senso comum; adotar o diálogo como sua essência; exigir do educador uma postura de crítica, de problematização constante, de distanciamento, de estar na ação, e de se observar e se criticar nessa ação; apontar para participação, discutindo no coletivo e exigindo disponibilidade dos educadores. (ibid., p.166)

Pressupõe um estudo da realidade da qual emerge uma rede de relações entre situações significativas- numa dimensão individual, social e histórica- e uma rede de relações que orientarão a discussão da interpretação e representação dessa realidade. Pressupõe uma visão de totalidade e abrangência dessa realidade e a ruptura do conhecimento no nível do senso comum. Pressupõe uma metodologia dialógica: metodologia de trabalho que tenha o diálogo como sua essência que exige do educador uma postura crítica, de problematização constante, de estar na ação, de se observar e criticar nessa ação.

## **Momentos e fases do Método Freire**

**1º Momento: Investigação Temática** – Pesquisa Sociológica: investigação do universo vocabular e estudo dos modos de vida na localidade (Estudo da Realidade). O estudo da realidade não se limita à simples coleta de dados e fatos, mas deve, acima de tudo, perceber como o educando sente sua própria realidade superando a simples constatação dos fatos; isso numa atitude de constante investigação dessa realidade. Esse mergulho na vida do educando fará o educador emergir com um conhecimento maior de seu grupo-classe, tendo condições de interagir no processo ajudando-o a definir seu ponto de partida que irá traduzir-se no tema gerador geral.

**2º Momento: Tematização** - Através da seleção de temas e palavras geradoras, realizamos a codificação e decodificação desses temas buscando o seu significado social, ou seja, a consciência do vivido. Através do tema gerador geral é possível avançar para além do limite de conhecimento que os educandos têm de sua própria realidade, podendo assim melhor compreendê-la a fim de poder nela intervir criticamente. Do tema gerador geral deverão sair as palavras geradoras. Cada palavra geradora deverá ter a sua ilustração que por sua vez deverá suscitar novos debates. Essa ilustração (desenho ou fotografia) sempre ligada ao tema, tem como objetivo a "codificação", ou seja, a representação de um aspecto da realidade, de uma situação existencial construída pelos educandos em interação com seus elementos.

**3º Momento: Problematização** - Busca da superação da primeira visão ingênua por uma visão crítica, capaz de transformar o contexto vivido. "A problematização nasce da consciência que os homens adquirem de si mesmos que sabem pouco a próprio respeito". Após a etapa de investigação (estudo da realidade), passa-se à seleção das palavras geradoras, que deverá obedecer a três critérios básicos:

- a) Elas devem necessariamente estar inseridas no contexto social dos educandos.
- b) Elas devem ter um teor pragmático, ou melhor, as palavras devem abrigar uma pluralidade de engajamento numa dada realidade social, cultural, política etc.
- c) Elas devem ser selecionadas de maneira que sua seqüência englobe todos os fonemas da língua, para que com seu estudo sejam trabalhadas todas as dificuldades fonéticas.

#### 4.3.8.1 Critérios para selecionar e organizar os conteúdos segundo o enfoque Temas Geradores.

A proposta de Paulo Freire (1987), parte do Estudo da Realidade (fala do educando) e a Organização dos Dados (fala do educador). Nesse processo surgem os Temas Geradores, extraídos da problematização da prática de vida dos educandos. Os conteúdos de ensino são resultados de uma metodologia dialógica. Cada pessoa, cada grupo envolvido na ação pedagógica dispõe em si próprio, ainda que de forma rudimentar, dos conteúdos necessários dos quais se parte. O importante não é transmitir conteúdos específicos, mas despertar uma nova forma de relação com a experiência vivida. A transmissão de conteúdos estruturados fora do contexto social do educando é considerada "invasão cultural" ou "depósito de informações" porque não emerge do saber popular. Portanto, antes de qualquer coisa, é preciso conhecer o aluno. Conhecê-lo enquanto indivíduo inserido num contexto social de onde deverá sair o "conteúdo" a ser trabalhado.

Como uso de tema gerador e dos conceitos estruturantes é uma possibilidade de ensino-aprendizagem que pode relacionar ciência, tecnologia e sociedade visando uma aprendizagem significativa e mais próxima da realidade social do aluno. Dá-se ênfase ao estudo da história da disciplina, em seus aspectos epistemológicos, buscando uma seleção de conteúdos (estruturantes) que identifiquem a disciplina como campo do conhecimento que se constituiu historicamente, nas relações políticas, econômicas, sociais e culturais das diferentes sociedades. Podemos relacionar alguns temas a serem tratados dentro do tópico de reações químicas como:

- a) A Química do cabelo (SOUSA, AZEVEDO, FONSECA, 2008);
  - b) Depressão e Antidepressivos (LIMA *et. al.* 2013);
  - c) Cosméticos
- Temas Ambientais
- d) A água (QUADROS, 2004);
  - e) Aquecimento global;
  - f) Camada de ozônio;
  - g) A poluição por efluentes químicos;
  - h) O lixo

#### 4.4 A organização e seleção dos conteúdos segundo as linhas gerais e as ideias reitoras

A organização e a estruturação dos conteúdos da Química do ensino médio em Cuba parte dos pressupostos: filosóficos (o materialismo dialético e histórico),

psicológicos/epistemológicos (o enfoque histórico-cultural de Vygotsky, Leontiev e Galperin), pedagógico (a tradição pedagógica cubana inspirada na sociedade socialista) e se articula com finalidade sociais, assim como dos objetos gerais da educação química.

A construção do currículo de Química para o ensino médio se realiza tomando como base linhas diretrizes (gerais e específicas), de conceitos primários ou fundamentais, assim como de ideias chaves. Esses critérios permitem não só organizar e selecionar os conteúdos, como também o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos dessa disciplina na escola.

Segundo Hedesa (2013, p. 47),

As linhas diretrizes se definem como aqueles elementos do conhecimento geral que representam pontos de partida para a seleção e organização do conteúdo, dessa forma, representam princípios de ordem do conteúdo de ensino-aprendizagem que estão estritamente vinculados aos objetivos. Podem ser gerais e específicos.

Para a Química, o autor define duas linhas gerais que respondem ao objeto de estudo dessa disciplina: substâncias e reações químicas. Essas linhas se concretizam em linhas específicas e representam as vias mais adequadas para a seleção e organização dos conteúdos.

As linhas específicas são:

- experimento químico escolar;
- linguagem da Química;
- propriedades e aplicações das substâncias e dos materiais;
- cálculos químicos;
- tabela periódica;
- educação para o trabalho;
- educação ambiental;
- interdisciplinaridade.

O conteúdo de cada uma dessas linhas pode ser organizado de formas diferentes, da mesma maneira, a metodologia de ensino pode variar, seguindo diferentes perspectivas.

Os conceitos primários ou fundamentais permitem organizar a estrutura conceitual da disciplina, e são cinco: substância, reação química, elemento químico, estrutura química e quantidade de substância. Desses conceitos são pensados outros (conceitos secundários) que por sua vez, são classificados em necessários e não necessários, segundo sua importância para atingir os objetivos gerais.

O sistema conceitual da disciplina deve possibilitar o desenvolvimento de um conjunto de habilidades gerais e específicas nos diferentes anos do ensino médio, e se relacionam com as ideias chaves da disciplina.

As ideias chaves ou ideias reitoras são ideias gerais essenciais que devem ser assimiladas pelos estudantes de forma matemática durante todo o estudo da Química no ensino médio. Elas constituem um fio condutor de importante valor metodológico. Dentre as ideias chaves da Química, no ensino médio, Hedesa (2013) destaca:

1. As aplicações das substâncias e dos materiais estão internamente relacionadas com suas propriedades e estas, por sua vez, com a estrutura química.
2. Entre as substâncias, tanto orgânica como inorgânica, existem relações genéticas.
3. As propriedades das substâncias simples e das compostas, apresentam periodicidade química.
4. A representação das reações químicas, usando equações químicas, contribui na compreensão dos fenômenos químicos, tanto na sua forma qualitativa como quantitativa, assim como das mudanças energéticas nesses processos.
5. As aplicações das leis, princípios e teorias da Química e de outras ciências permitem otimizar os processos tecnológicos que se fundamentam em reações químicas.
6. O desenho de aparelhos usados no laboratório e na indústria estão determinados, também, pelas propriedades das substâncias e dos materiais que se usam e se obtém.
7. A Química é uma ciência teórico-experimental.
8. A assimilação do conhecimento sobre as propriedades das substâncias e dos materiais possibilita explicar e prever muitos fenômenos que ocorrem no meio ambiente, assim como a ação consciente de prever e pensar soluções dos problemas da ciência e da sociedade relacionados com a Química.

A aplicação dos conceitos chaves, das ideias reitoras, das linhas diretrizes possibilitam uma visão de totalidade, integrada do currículo da Química para o ensino médio. No caso da compreensão da reação química, esses elementos organizados do currículo potencializam que esse conteúdo possa contribuir de forma significativa para os estudantes pensar e agir com uma educação científica.

#### **4.5 A organização do currículo de Química e as perguntas chaves**

Caamaño (2003) propõe uma metodologia que permite se pensar o currículo de Química para o ensino médio a partir de um conjunto de perguntas chaves, de caráter geral, as quais por

sua vez, podem ser critérios para selecionar e organizar os conteúdos. As perguntas formuladas são:

- a) Como podemos classificar a diversidade de sistemas e mudanças químicas que se apresentam na natureza?
- b) Como está constituída a matéria no seu interior?
- c) Qual relação existe entre as propriedades dos materiais e sua estrutura, ou seja, as propriedades macroscópicas e as propriedades das partículas que as constituem?
- d) Como se produz uma reação química?
- e) Porque algumas substâncias mostram afinidade por outras?
- f) Porque algumas reações químicas têm lugar de forma completa e outras não chegam a completar-se?
- g) Quais critérios regem a espontaneidade das reações químicas?

Para a autora, as respostas às questões chaves e a algumas outras ao longo da história tem dado lugar a um corpo de conhecimentos da Química que tem variado ao longo da história, e que deve ser apresentada no currículo da escola segundo essa perspectiva.

Caamaño (2003) afirma que junto com os conteúdos conceituais o currículo de Química inclui os conteúdos procedimentais destacando:

- a) Química Aplicada
  - Quais são as propriedades e as aplicações dos elementos e os compostos de maior importância na vida cotidiana?
  - Como se pode obter os elementos químicos a partir de minérios e outros materiais?
  - Qual é a aplicação da Química nos compostos do carbono: plásticos, fibras, combustíveis, fármacos, etc?
  - Como se obtém e quais aplicações têm os materiais cerâmicos, os polímeros, os metais, as ligas metálicas, as tintas, etc?
- b) Química e Sociedade
  - Quais benefícios tem contribuído a Química para a sociedade?
  - Quais consequências socioambientais têm a obtenção de materiais e a contaminação produzida pela indústria química?
  - Quais são os custos socioambientais do consumo energético de combustíveis fósseis?
- c) Química e outras ciências

- Quais processos químicos tem interferido na formação e na evolução da atmosfera, dos oceanos e a crosta terrestre?
- Quais são as moléculas e os elementos que constituem os seres vivos?
- O que é engenharia genética?
- O que é nanociência?

As propostas de Hedesa (2013) e Caamaño (2003) representam duas contribuições relevantes na compreensão da Química como um todo, um sistema complexo.

O capítulo aqui apresentado reforça a importância de novas estratégias didáticas na seleção e organização dos conteúdos escolares. São discutidas dimensões do conteúdo para a disciplina de Química indicando conteúdos chaves e os critérios que admitem não só organizar e selecionar os conteúdos, como também o processo de ensino e aprendizagem desses conteúdos na disciplina na escola.

## **5 A REAÇÃO QUÍMICA COMO SISTEMA: AS CONTRIBUIÇÕES DO ENFOQUE SISTÊMICO DIALÉTICO FUNCIONAL ESTRUTURAL**

A problemática da estruturação dos conteúdos segundo uma lógica racional tem sido tratada também na pedagogia norte americana e ocidental por autores como Izquierdo (2005); Núñez e Gonzalez (1996); Pozo e Gómez (2009); Caamaño (2006) e, segundo Núñez (2009) elas estimam por igual à necessidade de identificar núcleos privilegiados nos conteúdos das disciplinas científicas. Estas ideias se relacionam com a chamada “Didática do típico, do exemplar, do fundamental” capaz de possibilitar uma aprendizagem mais grata, mais útil, mais aplicável.

Um dos principais problemas do planejamento do ensino segundo Núñez (2009) consiste em estabelecer uma interação apropriada entre os componentes fundamentais do ensino para se obter a máxima efetividade na aprendizagem dos conhecimentos e o maior desenvolvimento intelectual dos alunos.

Núñez e Silva (2008) apontam para a necessidade de se construir novas estratégias didáticas que estejam mais em sintonia com as exigências e características da educação do século XXI e indicam como um dos problemas relacionados ao processo de ensino-aprendizagem a forma como selecionar, organizar e sequenciar adequadamente os conteúdos de ensino para que os estudantes possam aprender.

Diversas pesquisas (CAAMAÑO, 2003; HEDESA, 2013; IZQUIERDO, 2005; NÚÑEZ, 2009; LIBANEO, 2011) têm identificado que a organização dos conteúdos seguindo os critérios do ensino tradicional não garante uma assimilação sólida, pois os estudantes esquecem muito rapidamente o que, em um momento determinado, se supõe que tenham aprendido e que se retêm na memória os conceitos e procedimentos objetos do estudo, como casos isolados, e não como imersos em uma organização ou estrutura lógica (NÚÑEZ, GONZALEZ, 1996b)

Diante dessa necessidade a Didática das Ciências Naturais, sob a base de diferentes pressupostos epistemológicos, tem apresentado propostas de organização dos conteúdos escolares das Ciências em função das intenções educativas. Segundo os PCNEM (BRASIL, 1999) se impõe a necessidade de superar o ensino praticado e proporcionar aos estudantes o acesso a conhecimentos escolares que permitam a construção de uma visão mais articulada e menos fragmentada.

A natureza da organização dos conteúdos determinará a qualidade, integridade e coerência da representação interna, que por sua vez determinará a eficiência do processo interior

do pensamento. Estas relações demonstram a importância que têm para a aprendizagem do aluno em nível de organização dos conteúdos escolares.

Frequentemente as disciplinas proporcionam uma estrutura conceitual, mas não possuem critérios claros para organizar os procedimentos necessários para o aprendizado (POZO, GOMÉZ 2009). Nesse momento é necessário dispor de critérios para estruturar esses procedimentos certos para aprender ciências, assim como a Química.

Núñez (2009) considera que a organização dos conteúdos escolares contempla os seguintes elementos:

- a) Os objetivos e tarefas do ensino;
- b) A necessidade de um enfoque integrador dos conteúdos;
- c) A lógica da ciência e do conhecimento científico;
- d) As tendências de desenvolvimento da química como ciência e seu ensino em nível mundial.

Um dos critérios para selecionar conteúdos para Sanmartí e Izquierdo,(1997), deve levar em conta que a seleção se refere aos relacionados com sua significatividade social. Sendo assim a seleção deve levar em conta as necessidades da sociedade, atualmente o que mais se leva em consideração são aqueles conteúdos relevantes para compreender fenômenos, problemas do cotidiano e fazer o aluno ser capaz de atuar coerentemente.

Nesse aspecto, Núñez (2009) chama a atenção para a quantidade extensa de conteúdo que o aluno deve dominar nos dias de hoje e apresenta a real necessidade de melhor organizar esses conteúdos. Segundo este autor, na hora da seleção e estruturação dos conteúdos de uma disciplina, é importante:

- a) Organizar o conteúdo da disciplina de forma que não amplie seu conteúdo, ao mesmo tempo em que de ofereça os conteúdos necessários a sua formação;
- b) Garantir a formação de habilidades e capacidades específicas exigidas na escola, dos métodos de pensamento que permite aplicar, de forma independente e criativa, os conhecimentos em situações típicas e novas, além de obter novos conhecimentos.

Nas duas últimas décadas, vários estudos têm sido conduzidos na perspectiva de adotarem novas estratégias no ensino da Química, visando melhorar a qualidade do ensino-aprendizagem, a partir de uma nova compreensão epistemológica, ou seja, de uma visão reflexiva da constituição no ensino da Química. Entendemos que para uma aprendizagem verdadeiramente significativa na disciplina de Química, devemos obter um corpo teórico organizado e sistematizado de maneira que a assimilação dos principais conceitos ocorra com a conscientização de suas características essenciais e assim a compreensão clara de suas aplicações. Nesse entendimento afirmamos que

o conteúdo não pode ser estruturado aleatoriamente, fragmentado, sem uma lógica. Eles continuam tendo um papel principal no eixo estruturador, para as novas propostas de ensino.

Glaser (1988) discute em seu artigo o estudo de novas formas de apresentação do conteúdo sistematizado e orientado para uma meta apropriada para a aquisição do conhecimento.

Izquierdo (2005) expõe em sua pesquisa que um dos problemas da didática das Ciências é como selecionar e organizar adequadamente o que se vai ensinar para os alunos de forma que eles possam aprender. Afirma que os conhecimentos escolares são parte de um sistema didático e que é importante organizar esses conhecimentos de forma adequada. O autor apresenta a organização do conteúdo em núcleos temáticos, estabelecidos nos modelos teóricos e seus conhecimentos estruturantes.

Pozo e Gómez (2009) tentam apresentar as análises de estratégias de organização de conteúdos desenvolvidos nos últimos anos a fim de tornar mais provável a aprendizagem das ciências. Os autores apresentam critérios para selecionar e organizar os conteúdos para: o ensino tradicional, ensino por descoberta, ensino expositivo, ensino por conflito cognitivo, ensino por meio da pesquisa dirigida, e o ensino por explicação e contraste de modelos. Alguns desses enfoques já foram apresentados nessa tese.

Um enfoque de organização dos conteúdos sob o marco teórico da escola de L. S. Vigotsky, A. N. Leontiev, N. F. Talízina e P. Ya. Galperin dentre outros, é baseada no materialismo dialético e histórico, o qual foi denominado por Núñez e Ramalho (2015) como enfoque sistêmico dialético.

Na proposta do enfoque sistêmico a estruturação sistêmica dos conteúdos contribui para tornar os conhecimentos mais significativos, na medida em que se relacionam ou estão relacionados com outros conhecimentos já assimilados e compreendidos. Para os estudantes é mais fácil aprender conteúdos que tenham relação significativa, que aprender conteúdos num contexto de uma relação mais ou menos arbitrária. (NÚÑEZ, GONZALEZ, 1996a).

A problemática da fragmentação dos conteúdos nas disciplinas exige de novos enfoques de organização dos conteúdos, baseados em perspectivas globais e sistêmicas, olhando os objetos de estudo como sistemas complexos.

A utilização de uma metodologia que contribua com o desenvolvimento do pensamento teórico requer que se pense a organização dos conteúdos sob o enfoque da organização sistêmica dialética, desenvolvida pela escola Histórico-Cultural na perspectiva dialética. A organização sistêmica do conteúdo que se corresponde com a proposta deste estudo é a funcional-estrutural, desenvolvida por Z. A. Reshetova (1988, 1989) e o Enfoque Genético

desenvolvido por N. G. Sálmina (1988) como resposta à estruturação dos conteúdos no contexto da aprendizagem, baseada na Teoria da Assimilação de P. Ya. Galperin. Esses enfoques também foram desenvolvidos no ensino de Química por Núñez (1994) na sua tese de doutorado, na qual se integram as duas perspectivas. Neste trabalho, a atenção está centrada no enfoque sistêmico, denominado funcional-estrutural, desenvolvido por Reshetova (1989), para compreender a reação química como um sistema complexo.

Neste capítulo se discute sobre o enfoque dialético funcional-estrutural, como estratégias para se organizar o conteúdo de reações químicas como um sistema complexo, no qual se integram as dimensões qualitativa, quantitativas, energéticas, cinéticas e do equilíbrio químico, o que eleva a possibilidade dos estudantes para pensar de forma teórica, e dar sentido a esse conteúdo de forma integrada.

Essa categoria teórica por sua vez, é estrategicamente relevante para as análises dos resultados na tese.

## **5.1 O Enfoque Sistêmico Dialético**

Para Núñez (2009) a determinação geral do conceito de sistema reflete as relações dialéticas da integridade do objeto de estudo e de sua descrição interna, de caráter contraditório (dialético) de sua natureza, da originalidade qualitativa de todas as suas partes componentes (elementos).

O pensamento científico se desenvolve no sistema de conhecimentos do objeto na forma de teoria. Esta última tem um sistema conceitual que descreve o objeto de estudo como um sistema inter-relacionado de conceitos e é caracterizado pela totalidade relativa lógica, da limitação e da contradição. A totalidade lógica é o conjunto de conhecimentos relacionados logicamente no sistema e que reflete completamente o objeto como: sua procedência, os fundamentos de sua existência, as condições de seu desenvolvimento e a diversidade de forma de sua existência.

Para Lenine (1979) a realidade apresenta-se como uma união de opostos que estão subordinados, intrinsecamente, em constante processo de integração, totalização. Há uma relação dialética como forma de pensar o movimento da realidade e compreendê-la como essencialmente contraditória e em constante transformação. De acordo com o enfoque sistêmico dialético, o modo de pensar, estudar e abordar os objetos e os fenômenos de uma disciplina não pode ser isolado, mas deve fazer parte de um todo complexo. Lenine (1979, p.23) afirma que “a dialética é internamente inerente à atividade e esta dialética, naturalmente, se manifesta na atividade de cada homem”.

De acordo com o enfoque sistêmico dialético, o modo de se pensar, estudar e abordar os objetos e os fenômenos de uma disciplina não pode ser isolado, mas deve fazer parte de um todo complexo. Não são as somas de elementos, mas um conjunto de elementos integrados em interações no qual são produzidas novas qualidades superiores em relação aos componentes isolados, ou seja, a formação do sistema produz um salto na qualidade do objeto de estudo.

Assim fundamentando no enfoque sistêmico de Reshetova (1988) ao se trabalhar com os componentes essenciais do conteúdo, não só se diminui a quantidade informacional, como se permite ao aluno analisar de forma independente qualquer fato particular que constitui uma manifestação fenomenológica de uma série de casos e também passa a resolver novos problemas. Nesta mesma linha de raciocínio, Talízina (1988), ressalta que, no método sistêmico, apesar da quantidade de informações diminuírem, há um incremento considerável na capacidade de aprendizagem e retenção do objeto de aprendizagem por parte do aluno. Isso se deve ao fato de o processo de ensino e aprendizagem se voltar para a assimilação de conhecimentos essenciais sobre o objeto em estudo.

Segundo Núñez (2009), com a estruturação sistêmica do conteúdo, compreender um fenômeno significa esclarecer seu lugar e seu rol no interior do sistema concreto de fenômenos em interação, no qual realiza necessariamente, e dar sentido, justamente às particularidades graças às quais esse fenômeno desempenha esse rol no todo. Compreender um fenômeno significa esclarecer o modo como se apresenta, as regras segundo as quais esta apresentação cumpre com uma necessidade contida num conjunto concreto de condições, o qual significa analisar as condições mesmas de apresentação e desenvolvimento dos fenômenos como sistemas complexos.

Para Núñez (2009) a estruturação sistêmica dos conteúdos é um dos fatores que garantem o êxito da aprendizagem, pois oferece ao estudante um sistema adequado de orientação da atividade que implica na utilização prática dos conhecimentos. A estruturação dos conteúdos contribui para ampliar a Zona de Desenvolvimento Próximo, definida por Vygostsky. Esta concepção tem vantagens tais como:

- a) Permite racionalizar a apresentação do conteúdo, assim como o tempo para seu estudo;
- b) Eleva as possibilidades para o trabalho independente e criativo dos estudantes;
- c) Contribui ao desenvolvimento do pensamento teórico nos estudantes como elemento do desenvolvimento integral que o ensino potencializa

Talízina (1988) chama a atenção para o fato de que, na elaboração de um programa de estudo, a preocupação central seja a de garantir a formação dos métodos de pensamento

requerido pelo contexto atual da produção científica e do mundo moderno, de maneira que possibilite a formação da autonomia intelectual do aluno, a ponto de que ele seja capaz de apropriar-se de novos conhecimentos e de resolver problemas. Para isso, dois aspectos são fundamentais:

a) a sistematização do conteúdo da disciplina de estudo de forma tal que, sem ampliar seu volume, oportunize a o aluno apropriação de conhecimentos essenciais;

b) a garantia da formação de métodos de pensamento que permitam aplicar de maneira independente os conhecimentos adquiridos e apropriar-se, também, de maneira independente de novos conhecimentos;

### 5.1.1 Conceituação do Sistema

A compreensão da reação química como um sistema complexo, supõe inicialmente discutir o conceito de sistema, nesse caso, o enfoque materialismo dialético e histórico.

Uma definição para sistema que expressa seu caráter complexo foi dado por Afanasiev (1979, p.33).

Sistema é um conjunto de elementos cuja interação produz a aparição de novas qualidades integradoras não inerentes aos componentes isolados que constituem o mesmo. O autor complementa que o sistema é uma formação na qual as vinculações internas dos elementos entre si, sobressaem em relação ao movimento interno desses elementos, e sob a influência intrínseca deles.

O conceito de sistema é o conceito central da abordagem do enfoque sistêmico dialético. Baseia-se em categorias filosóficas do todo e das partes, que exprime a relação entre todas as partes e o vínculo que as une, causando o aparecimento de novas propriedades e peculiaridades não inerentes às partes isoladas, com a peculiaridade de que essa relação determina as características do todo (NÚÑEZ, RAMALHO, 2015).

Para Reshetova (1989) o conceito de sistema reflete a integridade do objeto de estudo, com o conceito de estrutura, sua descrição interna, a composição de suas partes que se encontram relacionadas, formando assim o todo. Segundo o enfoque sistêmico o modo de se pensar, estudar e abordar os objetos e fenômenos não pode ser isolado, mas como parte de um todo complexo. Não são as somas de elementos, mas um conjunto de elementos integrados em interações no qual se produzem novas qualidades, superiores em relação aos componentes isolados, ou seja, a formação do sistema produz um salto na qualidade.

### 5.1.2 Caracterização do Sistema

Para Núñez (2009) a determinação geral do conceito de sistema reflete as relações dialéticas da integridade. A divisão do objeto por partes e a distinção dos elementos da estrutura efetua-se de acordo com os seguintes critérios:

- a) Em primeiro lugar, pelos indícios de sua necessidade de formar o todo, ou seja, por seu papel e função em relação ao todo.
- b) Em segundo lugar, pelo princípio de correspondência funcional um com outro dentro do todo – cada um com sua função dentro do todo pressupõem os demais restantes. Desta forma, os elementos com suas propriedades e relações determinam a estrutura do todo.

Não podemos ver o sistema isolado de seu mundo externo, pois este desempenha um importante papel no funcionamento e desenvolvimento do sistema. Entre o sistema e o meio se produzem interações constantes que possibilitam o perfeccionismo do sistema. Nem todos os objetos e fenômenos do meio ambiente têm a mesma importância para o funcionamento do sistema, para alguns se resultam como essenciais e outros não (NÚÑEZ, GONZALEZ, 1996b).

Não são as somas de elementos, mas um conjunto de elementos integrados em interações no qual são produzidas novas qualidades superiores em relação aos componentes isolados, ou seja, a formação do sistema produz um salto na qualidade do objeto de estudo.

Para Núñez (2009) a verificação se o objeto de estudo tem uma estrutura sistêmica, deve-se observar;

- a) ao eliminar um elemento, o sistema se desestrutura?
- b) o sistema reforça a função dos elementos isolados?
- c) o rendimento é realmente superior?

As propriedades fundamentais que caracterizam qualquer sistema e que devem ser consideradas para um bom funcionamento são: os componentes, as estruturas, as funções e a integração (AFANASIEV, 1979).

- Os elementos são todos os componentes integrantes de um sistema;
- A estrutura de um sistema inclui o estabelecimento de reações entre os elementos do sistema;
- As funções são ações que podem reproduzir o sistema, tanto a subordinação vertical, horizontal e de coordenação;
- a integridade: Essa característica permite existir um conjunto de qualidades específicas como um todo, garantindo o funcionamento e o desenvolvimento de um

sistema. Na investigação sistêmica, deve-se ver a integridade em seu caráter metodológico.

Assim para Afanasiev (1979), todo sistema apresenta as propriedades fundamentais: os conceitos, a estrutura, as relações funcionais e a integração ou interdependência.

- a) os conceitos: são todos os elementos que constituem o sistema. Sua composição, cada elemento e suas interações, devem ser conhecidos em todo sistema para que permita a existência de um todo com determinadas propriedades integrativas.
- b) a estrutura: corresponde as relações que se formam entre os elementos do sistema e garante a união, a conexão entre os diferentes tipos de elementos. Todo sistema possui sua estrutura interna como conteúdo da inter-relação de seus componentes;
- c) as relações funcionais: são as ações que o sistema pode desempenhar e são de subordinação, vertical, e de coordenação horizontal. Pois, essas apresentam informações sobre as propriedades que mais contribuíram para uma análise no sentido de conhecer os aspectos importantes para a compreensão de uma reação química como sistema. A coordenação é uma função estável que possibilita a concordância entre as diferentes unidades estruturais e a subordinação tem um modo definidor, pois sugere a ordem e a definição de cada componente, permitindo a conexão dos componentes do sistema no processo e o norte perante o objetivo principal;
- d) a integridade: Essa característica permite a existência de um conjunto de qualidades específicas como um todo, garantindo o funcionamento e o desenvolvimento de um sistema. Na investigação sistêmica, deve-se ver a integridade em seu caráter metodológico;
- e) a interdependência com o meio: é denominado de meio tudo aquilo que não pertence ao sistema. Não é possível pensar o sistema isolado de seu entorno, pois este realiza uma importante função em seu próprio funcionamento e desenvolvimento. Entre o sistema e o meio, é determinada uma relação constante que torna possível seu aperfeiçoamento. Corresponde aos mecanismos que garantem a estabilidade do sistema. Possibilita a existência de um conjunto de qualidades como um todo.

As características essenciais do sistema são as propriedades emergentes da integração; sua composição, ou seja, o conjunto das partes e elementos que o integram; sua organização interna (as relações que se estabelecem para o funcionamento adequado do sistema), e os

vínculos que se estabelecem entre o sistema e o meio interno que condiciona o seu funcionamento e desenvolvimento.

## 5.2 Tipos de enfoque sistêmico dialético: genético e funcional estrutural

No cenário de estudo relacionado à teoria Histórico-Cultural abordam-se dois tipos de enfoque sistêmico dialético como estratégias de organização de conteúdos: o enfoque genético e o enfoque funcional-estrutural (NÚÑEZ, 2009).

O autor esclarece que nos enfoques sistêmicos dialéticos importa destacar dois aspectos. No enfoque funcional-estrutural o objeto de estudo é considerado como uma série de subsistemas estruturais funcionais hierarquizados, de níveis com invariante em cada um deles. E para o enfoque genético o objeto considerado é o conceito do elemento “célula”, isto é, como o conceito gerador do sistema.

### 5.2.1 Enfoque Genético

No enfoque genético desenvolvido por Sálmina (1988) se descreve o objeto complexo como resultado do elemento inicial do sistema. O objeto complexo é considerado geneticamente, desde o ponto de vista da origem das propriedades integrais do sistema. As relações genéticas constituem o tipo principal de relações de desenvolvimento.

O conceito fundamental (a célula) e a contradição presente neste objeto definem a tendência de seu completo desenvolvimento no todo.

A base geral de partida do sistema teórico, o conceito célula, expressa as determinações teóricas concretas de um fenômeno típico, particular, que se manifesta na prática. Sua ideia fundamental é que o ponto de partida do desenvolvimento de todos os fenômenos em interação que são objetos de assimilação, do objeto que se reproduz no pensamento teórico (NÚÑEZ, 2009).

Sálmina (1988) destaca que a estruturação da disciplina a partir do enfoque genético, pressupõe:

1. Análise empírica do estado de desenvolvimento do objeto;
2. A distinção do conceito célula;
3. Distinção da lei de desenvolvimento do simples ao complexo.

A célula geradora do sistema é um conceito simples, de forma tal a permitir que, desenvolvido, estrutura o conjunto do conteúdo e constitui a relação mais simples do conteúdo, que por sua vez, tem caráter universal. A célula é, por sua vez a base da aprendizagem de outros

conteúdos mais complexos que são resultado do desenvolvimento da célula para o sistema complexo.

Entre as características da célula Sálmina (1988) destaca:

- a) É a relação mais simples (elementar) do todo desenvolvido;
- b) É a relação geral universal própria ao objeto em todas as etapas de seu desenvolvimento e que refletem em si a lei da existência do sistema;
- c) É a relação que reflete a contradição principal: a fonte de movimento e o desenvolvimento no todo;
- d) É a relação que inclui a possibilidade de desenvolvimento do sistema;
- e) É a relação que tem caráter relativo e dependente do sistema que possui um protótipo real direto e que para o sujeito atua como base organizadora do movimento e ponto de partida da investigação.

O conteúdo que denota o conceito célula deve ser concebido como uma realidade objetiva que aparece e existe antes que se denote em outros fenômenos e por esta razão suas determinações não devem ser obtidas pela comparação e a abstração de traços comuns, já que supõe que não existiam antes destes. O conceito célula expressa as determinações teóricas concretas de um fenômeno típico, particular, que se dá na prática sensível, na experiência, na prática social (KUZMIN, 1974).

O procedimento de estruturação da disciplina ou de um tema baseado no enfoque genético pressupõe a distinção das relações de caráter genético que formam o sistema, e a seleção de uma estrutura geneticamente inicial muito simples, assim como das leis de desenvolvimento dessa estrutura num sistema complexo.

### 5.2.2 Enfoque Funcional-Estrutural

Na abordagem funcional-estrutural para a dinâmica da busca da essência na diversidade dos fenômenos em que ela expressa, descreve o objeto de estudo na sua forma mais desenvolvida, na sua totalidade e destaca-se na composição e estrutura que garantem o seu comportamento em um sistema maior. O tipo de ligação principal, formador de sistema é o funcional-estrutural. Esse método de análise sistêmica dos conteúdos tem sido trabalhado por Z. A. Reshetova (1988), Sálmina (1988), Núñez e González (1996) e Núñez (1994).

O enfoque sistêmico dialético desenvolvido por Reshetova (1988) surge como uma resposta para a organização dos conteúdos segundo a base orientadora tipo III da teoria de

Galperin (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012). A BOA III, por seu caráter generalizado exige as invariantes do conteúdo.

Galperin (1979) distingue três partes da ação fundamentais da ação: a de orientação e a de execução real da ação e o controle. A orientação para a concepção da ação fundamenta-se em um conjunto de operações para a ação a ser desenvolvida em certa ordem, correspondendo a determinadas regras. Dessa maneira, toda ação é realizada por meio de uma orientação denominada por Galperin (1986) de Base Orientadora da Ação (B.O.A.).

A formação das ações mentais e dos conceitos por meio da motivação da aprendizagem, da Base de Orientação da Ação (B.O.A), das etapas de formação e dos indicadores qualitativos da ação é considerada uma contribuição especial de Galperin (2001a) para a compreensão do conceito de internalização. Ao estudar a formação de ações mentais e dos conceitos, Galperin (2001b) afirmou que a qualidade desse processo está determinada pelo caráter da parte orientadora da ação.

A parte orientadora é a instância diretiva e, basicamente, depende dela a qualidade da execução. Se considerarmos o conjunto de situações onde esta ação deve ser aplicada, elas sinalizam o conjunto de exigências para a ação que se está formando, assim como o conjunto de propriedades que respondem a estas exigências e que estão sujeitas à formação (GALPERIN, 2001a).

Galperin (2001b) afirma que, dos resultados de suas investigações, conclui-se que, em termos gerais, as formas de orientação podem ser classificadas em três tipos fundamentais. Se o aluno não pode formar uma imagem orientadora completa da nova ação e o professor não pode ajudá-lo, essa imagem será incompleta e obtém-se o primeiro tipo de orientação. Se o professor entrega ao estudante a base orientadora completa da ação e demanda-lhe uma intensa investigação da mesma, então se obtém o segundo tipo de orientação. Por fim, se o aluno constrói uma imagem orientadora completa de maneira individual, obtém-se, assim, o terceiro tipo de orientação. Existem, na opinião de Galperin, três tipos de B.O.A. (I, II e III) que caracterizam tipos específicos de aprendizagens.

- a) B.O.A. I – considerada por Galperin como uma composição incompleta da orientação, por ser representada de maneira particular e possuir um grau de transferência de conhecimentos limitado. Em geral, a base orientadora da ação nova ação não é indicada ou indica-se de maneira insuficiente. A orientação do sujeito transcorre por meio de indicadores isolados e é frágil e incoerente. A análise da situação que se realiza é superficial e resumida e a execução da ação é impulsiva e imprecisa. As tarefas exigem operações semelhantes para execução e têm um

caráter de tentativa e erro. A ação adquire precisão significativa e facilidade de execução apenas em condições invariáveis. Em situações variáveis, se torna sensível e passa a exigir realizações diferentes e tentativas sucessivas.

- b) B.O.A. II – tipo de orientação característico do ensino tradicional, na qual todas as condições necessárias para o cumprimento de uma ação são fornecidas de forma acabada ao aluno, explicando suas conexões e relações, o significado dos pontos de apoio e o modo de execução da ação. O processo de formação da ação ocorre de maneira mais rápida que na B.O.A. I e, de outra forma, os erros são causais e não significativos, a melhoria dispõe-se no decaimento progressivo da divisão das operações, por uma facilidade crescente e pela rapidez da ação. Porém, essas condições são particulares, ou seja, úteis para a orientação apenas em casos particulares. A transferência a novas situações está condicionada em sua maioria (não exclusivamente) à presença de elementos idênticos aos dados durante o processo de formação
- c) O terceiro tipo de orientação, a Base Orientadora da Ação (B.O.A.) TIPO III, diferencia-se das demais, inicialmente, por atribuir ao estudante, sob a orientação do professor, a análise e elaboração da orientação completa da ação. Esse tipo de análise pressupõe a orientação do estudante, não a partir de qualquer tarefa particular, mas mediada pelas propriedades essenciais para qualquer objeto daquela atividade (habilidade). A ação é executada desde o princípio de forma correta e a assimilação transcorre também sem erros. Orienta o estudante tendo em vista uma generalização teórica, na qual está inserida a essência da atividade (invariante), que permite a transferência da atividade dentro de seus limites de aplicação. Sendo assim, a ação é aplicável a qualquer situação que esteja no domínio da mesma generalização. Tal orientação contribui para a apropriação de conhecimentos baseada em esquemas gerais, servindo de fundamento para o desenvolvimento da atividade.

A B.O.A. do tipo III caracteriza-se por ser completa, generalizada e independente.

Segundo Núñez e González (1997), diversas investigações (SÁLMINA, 1988; RESHETOVA, 1989; TALÍZINA, 1968) demonstram as vantagens de se trabalhar com a base orientadora da ação do tipo III. Entre essas vantagens podemos citar as seguintes:

- a) oferece grandes possibilidades para o trabalho independente;
- b) tem caráter generalizado, é mais produtiva,;

- c) estabelece uma nova forma de armazenamento da informação, ao invés de diversos casos particulares, com métodos particulares de análise, o aluno assimila um método comum a partir de casos particulares, determina o invariante da atividade;
- d) é uma orientação teórica, podendo penetrar na essência dos fatos;
- e) garante uma generalização apropriada dos conteúdos;
- f) é rápida, acarreta poucos erros, é estável e possibilita uma maior transferência dos conteúdos a situações novas;

Esse tipo de orientação se constitui num procedimento generalizado para a solução de uma ampla classe de tarefas do mesmo tipo, o qual contribui para o desenvolvimento do pensamento teórico dos alunos do Ensino Médio. Dessa forma, os estudantes aprendem a buscar princípios gerais de solução de tarefas análogas, com possibilidades de transferência, dirigindo-se a distintas fontes de conhecimentos. (NÚÑEZ, GONZALEZ, 1996b).

No enfoque da organização sistêmica do conteúdo reflete o estilo contemporâneo do pensamento científico. Com ele relacionamos uma nova forma de organizar as atividades investigativas, os princípios da estrutura dos esquemas teóricos, meios e procedimentos da descrição do objeto que se investiga, minimizando o problema da fragmentação do conteúdo.

Ainda sobre o aspecto funcional, se destacam a coordenação sistêmica e a subordinação. A coordenação é uma função constante que possibilita a anuência entre as múltiplas unidades estruturais. A subordinação tem um caráter definitivo, pois sugere a ordem e o significado de cada componente, permite integrar os componentes de dentro do processo e a orientação diante do objetivo principal.

O enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural parte do pressuposto de que pela lógica da estruturação se desenvolva um tipo de orientação sistêmica para a análise do objeto de estudo, considerando esse objeto como um sistema, sua invariante, sua estrutura, as possíveis variantes de sua existência, as leis e suas propriedades essenciais do sistema que garantem sua estrutura interna e seu funcionamento. (RESHETOVA, 1988).

Núñez (2009) explica que no enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural, as características funcionais estáveis de cada nível são chamadas de invariantes, que representam os núcleos formadores do sistema, ou seja, representam os núcleos de generalizadores que são a essência dos conhecimentos e orientação para a solução de um conjunto de problemas relacionados com a mesma classe.

Assim como o enfoque desenvolvido por Reshetova (1988) utiliza a variante funcional-estrutural, ao organizar o programa da disciplina dessa variante, a autora parte do pressuposto de que deverá formar-se um modelo de orientação sistêmica para o pensamento teórico contemporâneo como uma forma específica de reflexo da realidade.

Este tipo de investigação sistêmica funcional estrutural implica na apresentação do objeto de estudo como um objeto complexo. Seu objetivo é detectar o mecanismo de sua origem, o funcionamento e o desenvolvimento das suas características internas e externas. O objeto complexo é interpretado como uma formação integrada, onde as propriedades integradas, onde as propriedades integradas específicas não se reduzem nas propriedades de seus componentes nem se extraem dessas propriedades (NÚÑEZ, GONZALEZ, 1996b). Esse trabalho tem como um dos objetivos apresentar uma configuração para organizar os conteúdos de forma que o aluno compreenda o objeto de estudo de modo sistêmico, e essa característica foi encontrada no enfoque-funcional estrutural.

No enfoque funcional-estrutural a variedade de fenômenos particulares estudados se expressa através de suas invariantes (núcleos generalizados dos seus conteúdos). Este eleva substancialmente as possibilidades do aluno pensar teoricamente.

Assim, fundamentando no enfoque de Reshetova (1988) ao se trabalhar com os componentes essenciais do conteúdo, não só se diminui a quantidade informacional, como se permite o aluno analisar de forma independente qualquer fato particular que constitui uma manifestação fenomenológica de uma série de casos e também passa a resolver novos problemas. Nesta mesma linha de raciocínio, Talízina (1988), ressalta que, no método sistêmico, apesar da quantidade de informações diminuir, há um incremento considerável na capacidade de aprendizagem e retenção do objeto de aprendizagem por parte do aluno. Isso se deve ao fato do processo de ensino e aprendizagem se voltar para a assimilação de conhecimentos essenciais sobre o objeto em estudo.

Reshetova (1988) explica que estabelecer o invariante de uma habilidade significa determinar, entre os casos particulares em que se aplica aquela habilidade, o sistema de operações invariante que deve ser de domínio do estudante. Ao estruturar o programa da disciplina nesta variante, a autora parte do pressuposto de que pela lógica da estruturação, se deva formar um tipo de orientação sistêmica para que o estudo de fenômenos reais. Reshetova (1988) considera o pensamento teórico na época atual como uma forma específica de reflexo da realidade, ao refletir um objeto de estudo como sistema, *sua invariante* (estrutura estável), as possíveis variantes de sua existência, as leis (limites de estabilidades) e as propriedades essenciais do sistema devido sua estrutura interna.

A invariante é um conteúdo geral que representa a essência de um conjunto de fenômenos e processos que podem ser considerados como manifestações da mesma, segundo a dialética da essência-fenômeno. Essa invariante se amplia durante o processo de aprendizagem

e no caso de ser o processo dedutivo, ele é apresentado no início, como estrutura complexa, e comum aos fenômenos e processos que podem ser explicados a partir dela (NÚÑEZ, 2009).

No enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural, a diversidade de fenômenos particulares (reações químicas) estudados se expressa por meio de sua essência, denominada invariante. Isso quer dizer que a estrutura interna do objeto de estudo como formação estável tem um determinado sistema de qualidade e conserva em si toda a diversidade de variantes concretas de sua essência ao representar núcleos estáveis do conteúdo. Dessa forma, a essência ou invariante, como conteúdo procedimental, passa a ser o objeto de assimilação, o que possibilita o caminho do abstrato ao concreto. A diversidade de reações químicas é estudada como uma manifestação de uma essência comum. (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012)

Medviediev (1996), resume essa forma de organização afirmando que a análise lógica de uma disciplina científica deve permitir extrair do seu conteúdo um conjunto de conceitos básicos que se inter-relacionam ou seja, a sua lógica de estrutura como parte das teorias científicas. Então, o conteúdo de uma disciplina terá a forma de um conjunto de problemas relacionados dentro de uma mesma classe, o mesmo tipo de solução. Para o autor da análise lógica e psicológica de uma disciplina tem como objetivo construir hipoteticamente um modo genérico de ação ou um conjunto de ações e operações por meio do qual todos esses problemas (admitindo a possibilidade de variações) podem ser resolvidos. Esta forma genérica, que serve como padrão para a atividade dos alunos, para o autor, corresponde com a invariante do conteúdo na teoria de Galperin MEDVIEDIEV (1996).

Núñez (2009) afirma que os conhecimentos invariantes constituem a base de muitos conteúdos da mesma disciplina. A formação desse tipo de atividade cognoscitiva é uma forma para desenvolver atividades de alta qualidade nos alunos. Para Ramalho e Núñez (2012), a identificação do invariante na compreensão de uma reação química, é necessária, antes de tudo, que sejam analisados e comparados entre si uma quantidade bastante grande de estudos que definam quais os procedimentos necessários para a compreensão do conteúdo. São examinados quais os tipos de reações químicas e se determina o que têm em comum e em que se diferenciam uma das outras. Faz-se, então, a seleção das operações comuns para todos os estudos analisados e estas permitirão, conseqüentemente, em forma de um sistema de operações invariante

Reshetova (1988) afirma que em seu método de análise sistêmica a organização do programa de estudo deve ser organizada de forma que as atividades devam orientar os alunos de forma sistêmica a fim de desenvolver o pensamento teórico. O método sistêmico de investigação do objeto segundo a autora pressupõe determinada composição de procedimentos, tipos de ações cognoscitivas.

A estruturação do conteúdo da disciplina, de acordo com o enfoque sistêmico funcional-estrutural, deve preencher os seguintes requisitos:

- a) proporcionar ao aluno os meios metodológicos para determinar o objeto, inserindo o conceito de “objeto de estudo” e distinguindo-o do “objeto empírico”, indicando, desse modo, as limitações do primeiro para refletir o segundo de acordo com o tipo de atividade que se desenvolve sobre ele;
- b) revelar o método de análise sistêmica, como método geral da ciência através de conceitos, tais como “sistema”, “meio”, “comportamento do sistema”, “propriedades sistêmicas”, “elementos”, “vínculos”, etc.;
- c) assinalar a função instrumental desse método em sua aplicação à ciência em particular.

Segundo Núñez (2009) no enfoque funcional-estrutural, as variedades de fenômenos particulares pesquisados se expressam por meio da sua invariante, ou seja, a estrutura interna do objeto de estudo como formação estável que tem um sistema determinado de qualidades e conserva toda a diversidade de variantes concretas de sua existência ao representar núcleos essenciais do conteúdo podendo ser conhecimentos ou habilidades gerais.

As propriedades integrativas essenciais do sistema se diferenciam como propriedades que determina seu “comportamento”. Em um sistema químico segundo Reshetova (1988), são as propriedades que refletem sua capacidade de reação nas interações químicas. A complexidade se revela através da descrição do objeto de estudo do qual está representado pelos “níveis” de estruturação desse sistema e pelo “conteúdo” ou “elemento” de cada nível e a regularidade através das relações entre os níveis (hierarquia de níveis), suas relações e vínculos que formam o sistema entre os elementos de cada nível.

### **5.3 O enfoque e o pensamento teórico**

O pensamento teórico é identificado por Vaseli Vasihevich Davidov como a formação de conceitos científicos na escola, que produz uma ruptura com o pensamento cotidiano ou de senso comum. Dessa forma a escola tem como finalidade propiciar a apropriação de um conteúdo que permita o desenvolvimento desse tipo de pensamento (NÚÑEZ, 2009).

Esse tipo de pensamento exige que o aluno se oriente não só em relação ao conteúdo do conceito, mas também para as formas de estruturação do conhecimento.

Galperin, Leontiev, Davidov e outros pesquisadores contemporâneos a estes, apontam que as questões da estruturação de uma disciplina de nenhum modo são problemas estritamente metódicos, mas sim os problemas nucleares do ensino e da educação. Segundo eles, existe a

necessidade de substituir os métodos adotados de estrutura da disciplina que formam um pensamento empírico, por novos princípios que orientem a formação do pensamento teórico dos alunos (RESHETOVA, 1988).

A estruturação das disciplinas construídas sobre a base de uma mesma ciência, podem diferenciar-se por sua lógica. A eleição de uma lógica está determinada por objetivos e tarefas de ensino, que por sua vez deverá corresponder aos pressupostos epistemológicos que regem o processo de aprendizagem.

No pensamento empírico temos tarefas do tipo catalogar e classificar os objetos e fenômenos. Enquanto o pensamento teórico tem por fim refletir a essência do objeto de estudo (DAVIDOV, 1988).

O pensamento empírico é o sensorial-concreto e o pensamento teórico, o abstrato-geral. Quanto mais elevado o nível de generalização, ou seja, quanto maior o conjunto de objetos distintos que pertencem à classe dada, mais abstrato e *teórico* será o pensamento. A habilidade para pensar abstratamente entende-se como indicador de um alto nível de desenvolvimento do pensamento.

Davidov (1986) afirma que o conhecimento que se obtém por meio de ações memorísticas ou de transmissão direta não se transforma em elementos que conduzam ao enfrentamento de fenômenos diversos ou de circunstâncias que surgem na vida cotidiana. Segundo ele, o pensamento teórico é um dos requisitos básicos impostos pela sociedade contemporânea ao homem e, sendo assim, sua formação está entre as responsabilidades da escola.

Davidov (1986) caracteriza o pensamento teórico como o método da ascensão do abstrato ao concreto, ou seja, do geral para o particular.

Reshetova (1988) reafirma que a estrutura lógica de um conteúdo ou de um programa de uma disciplina, responde aos princípios básicos da análise sistêmica do objeto: diferenciação das propriedades essenciais do sistema (reações químicas), análise de sua estrutura (invariante do sistema) e a análise dos principais tipos de reação nos sistemas concretos. A autora considera o pensamento teórico na época atual como uma forma específica de reflexo da realidade, ao refletir o objeto de estudo como sistema, sua invariante-estrutural, as possíveis variantes de sua existência, as leis (limites de estabilidades) as propriedades essenciais do sistema devido a sua estrutura interna

Como principais componentes do pensamento teórico se destacam: a reflexão, a análise, o plano interno das ações (DAVIDOV, 1986a).

Na opinião de Davidov (1986a), essa metodologia apresenta característica como:

- a) Concretizar a experiência empírica do aluno;
- b) Exagerar o papel dos meios gráficos e ilustrativos;
- c) Exagerar a ação da comparação no processo de formação dos conceitos.

Na lógica da formação do pensamento teórico, a formação dos conceitos vai do universal, do geral, para as manifestações particulares (NÚÑEZ, 2009).

Na formação do pensamento teórico, deve-se considerar que:

- a) Todos os conceitos que são parte de uma disciplina ou unidades fundamentais de conteúdo devem ser assimilados pelos alunos pela via de análise das condições de sua origem, para a qual elas resultam necessários (os conceitos não se transmitem como um conhecimento pronto;
- b) A assimilação dos conhecimentos de caráter geral e abstrato precede a assimilação dos conhecimentos mais particulares e concretos. Esses últimos devem ser excluídos do abstrato como sua base única. Esse princípio é consequência da disposição para o esclarecimento da origem dos conceitos, e responde às exigências da ascensão do abstrato ao concreto (NÚÑEZ, 2009).

O pensamento e o conhecimento científico têm como princípio das explicações da natureza, sempre partindo de suas leis internas. Para Reshetova (1988) o primeiro requisito que deve satisfazer o pensamento científico e o pensamento é o requisito de objetividade e de autenticidade.

Para Davidov (1982), o conhecimento teórico se constitui no objetivo fundamental da atividade na escola, uma vez que é por meio de sua aquisição que se estrutura a formação do pensamento teórico. Assim nosso trabalho pretende tratar a formação nos alunos de um tipo sistêmico de orientação no objeto de estudo “reações químicas” a fim de desenvolver o pensamento teórico.

Para Davidov (1986a) o pensamento teórico exige que o aluno se oriente não só com relação ao conteúdo, mas também com as formas de estruturação do mesmo.

Na formação do pensamento teórico segundo Núñez (2009) deve-se considerar

- a) todos os conceitos que são parte de uma disciplina devem ser assimilados pelo aluno por via da análise das condições de sua origem;
- b) a assimilação dos conhecimentos de caráter geral e abstrato precede a assimilação dos conhecimentos mais particulares e concretos. Assim o aluno não precisa se apropriar de todos os conhecimentos, como os casos particulares, mas sim da essência que une e explica esses casos como situações problemas.

Dessa forma, não existe a necessidade do aluno dominar todos os conhecimentos na

forma de casos particulares, é suficiente que se aproprie da essência que une e explica esses casos e sua solução no contexto de situações problemas (DAVIDOV, 1988)

Para o desenvolvimento de qualquer forma de pensamento teórico exige-se do homem uma orientação não apenas no conteúdo, mas também na forma de sua estruturação (NÚÑEZ, 2009). A organização sistêmica do conteúdo é um dos caminhos para a formação do pensamento teórico nos alunos.

O pensamento teórico se forma quando no conhecimento do estudo dos objetos se demonstra a importância de estruturar e assimilar os procedimentos gerais para a solução de amplas classes de tarefas, quando as habilidades e hábitos se formam sobre uma base generalizada, teórica. Desta forma o estudante aprende a buscar os princípios gerais de solução de problemas análogo, dirigindo-se a diferentes fontes de conhecimentos para encontrar o geral, ocupar-se de sua autoeducação.

#### **5.4 A reação química como um sistema sob o enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural**

Segundo Núñez e Gonzalez (1996) um dos objetivos do ensino de Química é compreender as transformações dos materiais, através das reações químicas e suas propriedades a partir da estrutura das substâncias. A assimilação dos conhecimentos das transformações das substâncias e dos materiais permite a compreensão e a possibilidade de prever muitos fenômenos que acontecem na natureza, assim como a intervenção consciente na solução de problemas em diferentes esferas da vida social, das ciências e das tecnologias.

Autores como Reshetova (1989), Sanderson (1968) e Núñez (1994) consideram que a reação química como sistema integra as dimensões estruturais, energéticas, cinéticas e do equilíbrio, tudo o que se faz necessário para se poder compreender e explicar por que uma reação química acontece em determinadas condições, e para controlar a mesma em função das necessidades.

A compreensão de uma reação química exige de um novo enfoque global, no qual se interrelacionem os diferentes elementos ou questões que se fazem necessárias para essa finalidade. Essa compreensão supõe a capacidade de reesponder perguntas tais como:

- a) Porque uma reação química acontece, e outras não, em determinadas condições?
- b) Porque certas substâncias mostram afinidade por outras? Porque algumas reações ocorrem de forma completa e outra não? Quais critérios determinam a espontaneidade das reações químicas?

- c) Quais quantidades de substâncias devem ser combinadas para se obter quantidades desejadas de outras substâncias?
- d) Como favorecer ou limitar a ocorrência de reações químicas?

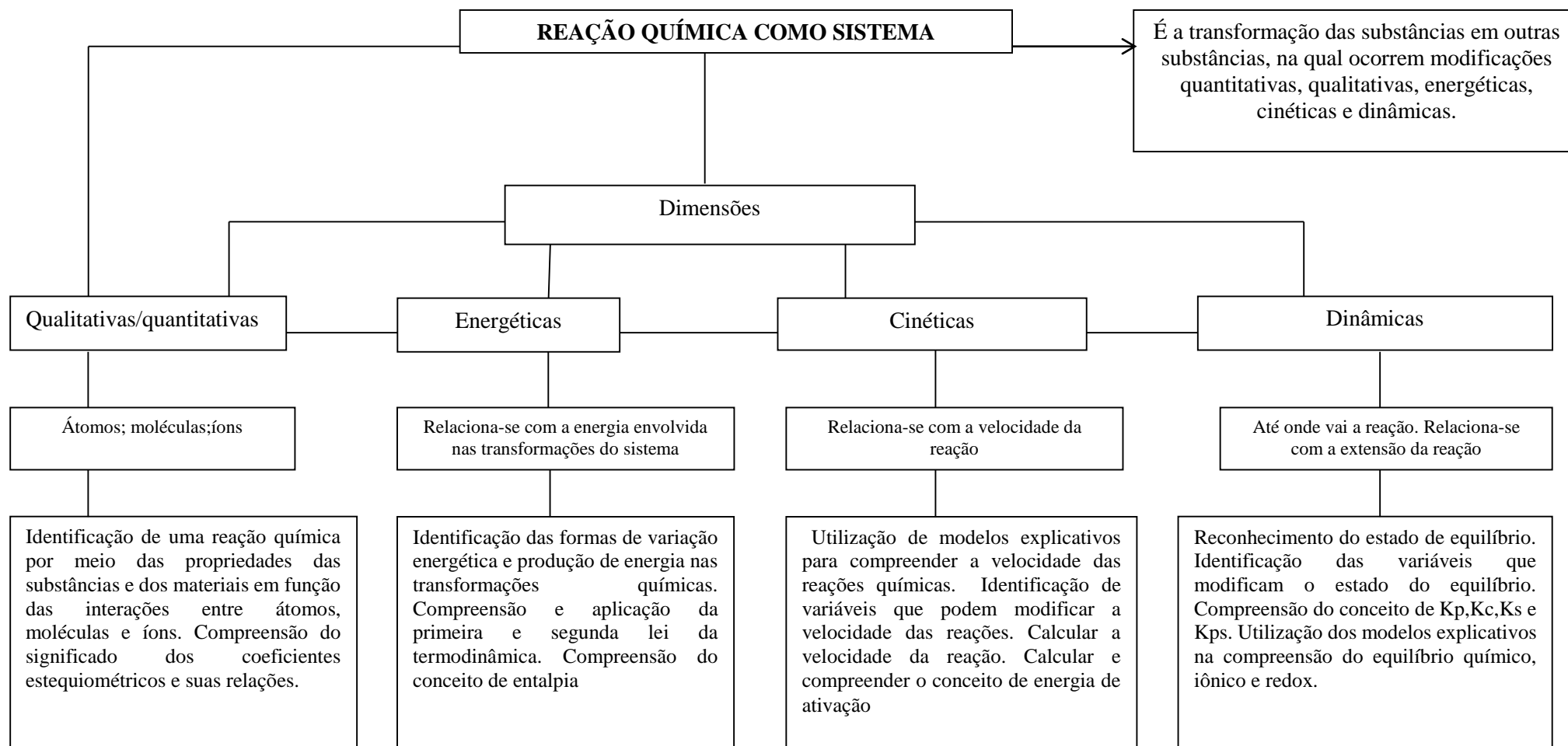
Na estruturação sistêmica dialética da reação química como sistema, os estudantes, ao pensar teoricamente, podem dispor de uma BOA tipo III. Esse tipo de BOA como explicam Núñez e Ramalho (2012), supõe:

- a) A determinação do modelo do objeto, ou seja, a definição do que é uma reação química;
- b) A determinação do modelo da ação. Nesse caso, a habilidade geral é: Interpretar a reação química como sistema. Dessa forma, se devem determinar as operações que configuram a ação.

Esse tipo de BOA III deve ser formada no plano mental, segundo os limites da generalização (limites de aplicação dos modelos teóricos). A diferença do ensino tradicional, no qual os estudantes interpretam e explicam de forma separada os aspectos da reação química, e para o qual precisam diversos níveis de ajudas, na orientação do tipo III, os estudantes dispõem do sistema de orientação que facilita a interpretação da reação química como sistema, seu nível de ajuda, ou seja, com autonomia.

No esquema 03 se apresenta a representação da reação química como um sistema complexo baseado nos estudos de Núñez (1994, 1996, 2009).

Esquema 03 – Invariante: Reação química como sistema



Fonte: a pesquisa

Como se pode observar, no Esquema 03 se integram as dimensões:

- a) Qualitativas / Quantitativas;
- b) Energéticas;
- c) Cinética;
- d) Do Equilíbrio Químico

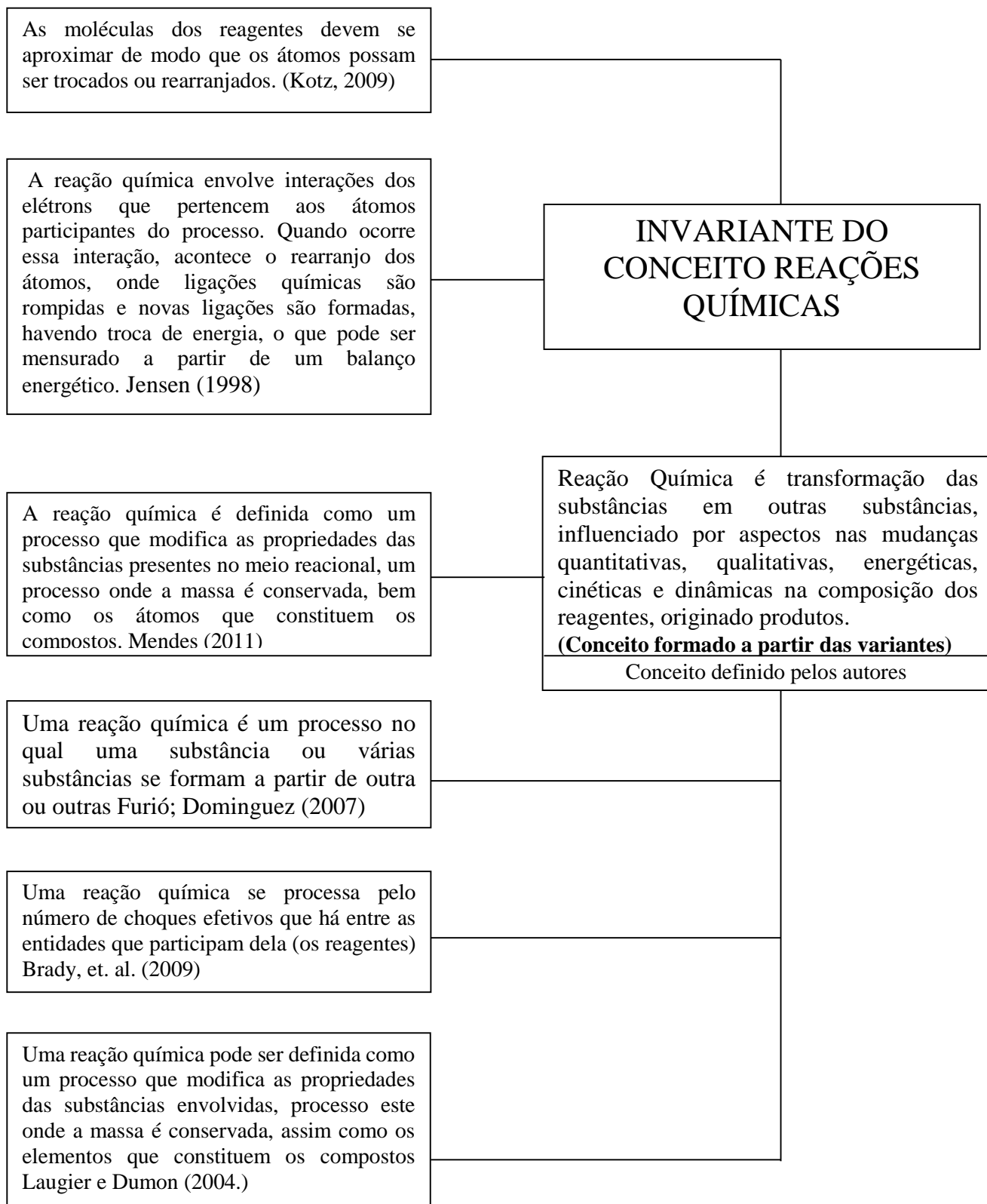
Essa estrutura geral de operações é algo que aparece estável nos diversos casos particulares de uma reação química, é a invariante que se define das diversas propriedades, ou seja, constitui a essência.

#### 5.4.1. Determinação do modelo do objeto

A determinação do modelo do objeto, ou invariante conceitual permite um conceito generalizado da reação química, como essência geral, manifestada em diversos tipos concretos de reações químicas. Para essa finalidade foi realizado uma análise de diferentes tipos de dimensões de reações químicas, identificando-se as características essenciais que devem estar no modelo do objeto. O resultado desse procedimento se apresenta no esquema 04

Esquema 04 – Invariante: o modelo do objeto

## MODELO DO OBJETO



Fonte: o pesquisador

A definição da reação química como um sistema, para o Ensino Médio pode ser definido no nível macroscópico, relacionando o nível microscópico com as explicações das transformações ocorridas. Os aspectos quantitativos e qualitativos da reação química são aprofundados ao longo do Ensino Médio, tanto no plano teórico como empírico.

As reações químicas, por sua vez se classificam segundo os seguintes critérios:

1. Segundo as variações energéticas
  - a) Exotérmica e endotérmica;
  - b) Espontânea e não espontânea;
2. Segundo a variação do número de oxidação
3. Segundo o número e composição das substâncias que reagem
  - a) Síntese e combinação
  - b) Análise ou decomposição
  - c) Substituição
  - d) Troca de íons

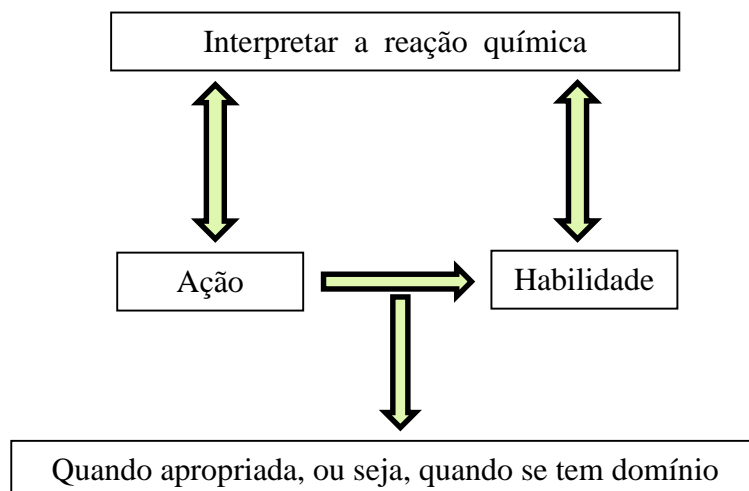
#### 5.4.2 Invariante do Modelo da Ação

- Habilidade: Interpretar a reação química como sistema.

Na elaboração da BOA tipo III não só entra o modelo do objeto, como também o modelo da ação, uma vez que a ação e o conceito formam uma unidade indissolúvel.

Para definir o modelo da ação, se faz necessário determinar a ação na qual se aprende e se expressam os conceitos. Na pesquisa foi definida a habilidade de “interpretar reações químicas”, via pela qual se integram os conhecimentos e se iternaliza a compreensão da reação química como sistema. Dessa forma:

Esquema 05 – Interpretação de uma reações químicas



Fonte: o autor

Núñez (1994) na sua tese de doutorado propõe uma invariante procedimental para a análise da reação química como sistema, que toma como fundamental a lógica da organização dos conteúdos da Química Geral e os pressupostos da Teoria da Assimilação de P. Ya. Galperin, assim como indicou Reshetova sobre o sistema dialético.

Segundo Núñez, a ação se constitui de um conjunto de operações, que conferem a ela um caráter de continuidade. A ação se relaciona com o objetivo, tem um caráter consciente, a operação com as condições e são ações automatizadas. Dessa forma, as operações passaram, enquanto ações, de plano consciente ao plano interno automatizado.

No quadro 14 mostra-se a estrutura operacional da ação, que junto com o modelo do objeto estruturam a orientação tipo III. É importante destacar, que os estudantes devem ter domínio da habilidade interpretar informações em química como uma condição necessária.

Quadro 14 – Modelo da ação interpretar reações químicas como sistema

<b>Invariante Procedimental – Modelo da ação</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar se a reação cumpre com as condições para a aplicação da BOA III;</li> <li>2. Interpretar quantitativamente a reação química;</li> <li>3. Interpretar as informações qualitativas da equação química;</li> <li>4. Identificar e caracterizar os parâmetros termodinâmicos do processo;               <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Explicar a influencia da temperatura na espontaneidade;</li> </ol> </li> <li>5. Identificar e caracterizar os parâmetros cinéticos do processo               <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1 Determinar os fatores que favorecem ou não a reação química do ponto de vista cinético;</li> </ol> </li> <li>6. Identificar e caracterizar os parâmetros do equilíbrio               <ol style="list-style-type: none"> <li>6.1 Determinar os fatores que favorecem ou não o equilíbrio químico;</li> </ol> </li> <li>7. Integrar os parâmetros termodinâmicos, cinéticos e do equilíbrio e determinar as condições para a reação ocorrer ou não, assim como o que pode favorecer ou dificultar o processo.</li> </ol>

Fonte: Núñez (1992)

A habilidade geral de interpretar reações químicas se constitui numa finalidade ou objetivo do estudo de Química no Ensino Médio, nela se integra o objeto de estudo dessa disciplina.

A formação dessa habilidade supõe novas estratégias de ensino, de natureza inovadora. Algumas dizem respeito a:

- a) Iniciar o estudo das reações químicas pela finalidade do tema. Apresentar o sistema como um todo, via situações problemas que justifiquem o estudo das partes e sua integração no sistema complexo;
- b) Estudar cada componente do sistema, como sub-sistemas a serem integrados: a essência da reação química, as condições nas quais se produzem ou não, as manifestações das reações químicas, os aspectos termodinâmicos, os aspectos cinéticos, os aspectos do equilíbrio químico e as aplicações. Cada um desses aspectos supõe habilidades específicas, que devem se transformar nas operações da habilidade geral.
- c) A integração paulatina das habilidades específicas- operações na habilidade geral.
- d) A formação da habilidade geral segundo um sistema específico de tarefas dirigidas à internalização de domínio dos conceitos e da ação.

Dessa forma, os estudantes, no final da etapa da formação da habilidade, de forma autônoma devem responder situações problemas na qual a habilidade é uma via ou recurso estratégico do processo de solução. Na opinião de Núñez e Gonzalez (1996) interpretar uma reação química significa esclarecer seu modo de aparição, a regra segundo a qual esta aparição se completa como uma necessidade contida num conjunto concreto de condições, o qual significa analisar as condições de acontecer na sua totalidade.

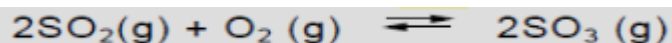
Neste capítulo tratamos sobre os enfoques sistêmicos dialético, genético e funcional-estrutural, sendo esse último tratado com mais ênfase, por ser ele que fundamenta a organização dos conteúdos desse trabalho. O enfoque funcional-estrutural como estratégias para se organizar o conteúdo de reações químicas como um sistema complexo, no qual se integram as dimensões qualitativa, quantitativas, energéticas, cinéticas e do equilíbrio químico, o que aumenta a possibilidade dos estudantes para pensar teoricamente, e dar significado a esse conteúdo de forma integrada.

Um exemplo de situação problema, desconhecida pelo estudante, na qual se integram os diferentes aspectos da reação química como um sistema complexo, é a obtenção do ácido sulfúrico na indústria.

### TAREFA

O ácido sulfúrico é usado como matéria-prima em inúmeros processos industriais. Um dos processos de produção é constituído basicamente por 4 etapas: (1) obtenção do  $\text{SO}_2$  a partir do enxofre; (2) oxidação catalítica do  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$ ; (3) absorção do  $\text{SO}_3$  em  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , formando ácido sulfúrico fumegante ou *óleum* e (4) tratamento com água do ácido fumegante para conversão em ácido sulfúrico.

A equação abaixo descreve a etapa (2) que é determinante na produção do ácido sulfúrico e sabendo que P igual a 1 atm e T de 298 K



Dados:  $K_c = 4,0 \cdot 10^{-4}$ ;  $\Delta H < 0$ ;  $\Delta G^\circ < 0$  reações muito lenta nessas condições.

Considerando a etapa 2: Interprete a reação química dada e explique quais condições podem favorecer a formação de uma maior quantidade de produto.

## 6 PERCURSO METODOLÓGICO

### 6.1 Pressuposto e Concepções Metodológicas

A metodologia da pesquisa representa a definição dos caminhos, estratégias e procedimentos usados para levantar dados que possibilitem construir argumentos sólidos na defesa da tese proposta. Não obstante no que diz respeito a escolha da metodologia da pesquisa, é necessário lembrar que múltiplas opções podem ser feitas de modo a se obter uma aproximação mais adequada ou abrangente ao assunto em estudo.

Pérez Gómez (2007) apresenta alguns pressupostos básicos para a investigação educativa a partir da perspectiva interpretativa. No enfoque interpretativo considera-se que a realidade social tem uma natureza diferente da realidade natural. O mundo social não é fixo, nem estável, mas dinâmico e mutante devido ao seu caráter inacabado e construtivo. Assim para compreender a complexidade dos fenômenos educativos, como fenômeno social, é necessário chegar aos significados, ter acesso ao mundo conceitual dos indivíduos e às redes de significados compartilhados pelos grupos, comunidades e culturas. Essa visão, considera a deficiência de uma posição baseada na prioridade da explicação das Ciências Naturais, pelo fato destas não levarem em conta a natureza da realidade social, pois como diz Minayo (2004), nessa realidade tudo, instituições, leis, visões de mundo, são provisórios, passageiros, estão em constante dinâmica e em transformação. Sendo assim, para a autora, na pesquisa social deve-se prestar atenção ao caráter simbólico da vida humana.

A pesquisa aqui apresentada também assume um caráter que relaciona de forma dialética o qualitativo com o quantitativo. O qualitativo, pois foi realizada uma análise da qualidade das respostas dos licenciados, ou seja, se analisam os sentidos dos dados. A dimensão quantitativa se refere aos dados numéricos que permitem caracterizar a extensão dos mesmos, e não a intencionalidade de testar hipóteses.

A dimensão qualitativa, da pesquisa, segundo Bogdan e Biklen (2003) caracteriza-se por:

1. ser o pesquisador o instrumento principal;
2. tendência a ser mais descritiva;
3. interesse pelo processo;
4. a análise indutiva dos dados; e
5. ser o significado de importância vital.

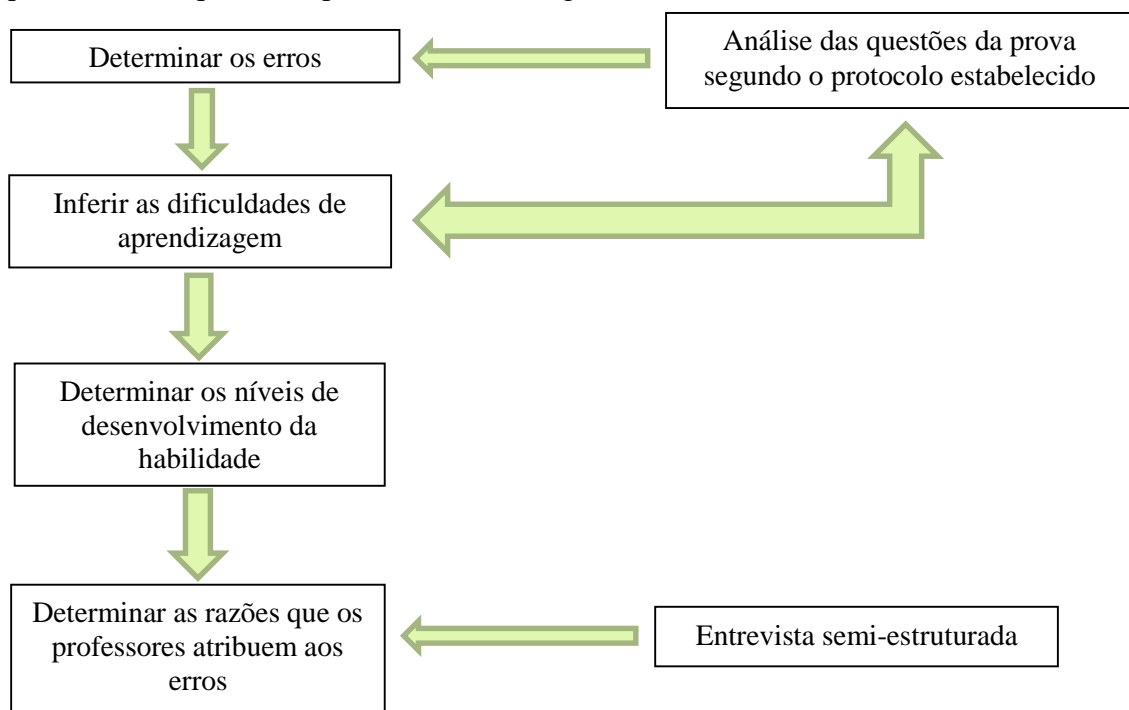
Trabalhar com a união dos dois métodos (qualitativo e quantitativo), para Minayo (2010) tem vantagens como:

1. Elas não são incompatíveis e podem ser integradas num mesmo projeto de pesquisa;
2. Uma investigação de cunho quantitativo pode ensejar questões passíveis de serem respondidas só por meio de estudos qualitativos, trazendo-lhes um acréscimo compreensivo e vice-versa;
3. Que o arcabouço qualitativo é o que melhor se coaduna a estudos e situações particulares, grupos específicos e universos simbólicos;
4. Que todo o conhecimento do social (por método quantitativo ou qualitativo) sempre será um recorte, uma redução ou uma aproximação;
5. Que em lugar de se oporem, os estudos quantitativos e qualitativos, quando feitos em conjunto, promovem uma mais elaborada e completa construção da realidade, ensejando o desenvolvimento de teorias e de novas técnicas cooperativas.

Consideramos que as partes estruturais da pesquisa constituem um sistema, no qual se estabelecem relações substantivas e diversas. Nesse sistema, a escolha dos métodos, instrumentos e a definição da metodologia depende da natureza e dos objetivos da pesquisa, e da matriz teórica referência do processo sendo a perspectiva da análise e interpretação dos dados.

O percurso metodológico, de acordo com as questões de estudos propostas para a pesquisa, organizou-se nos momentos representados no Esquema 06:

Esquema 06 – Esquema do percurso metodológico



Fonte: o pesquisador

Como se mostra no esquema 06, são privilegiados as análises das respostas das questões segundo um protocolo e as entrevistas a professores de Química.

## **6.2 Contexto da pesquisa: seleção das provas a serem analisadas**

O estudo foi desenvolvido com 216 candidatos ao curso de Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que prestaram a prova de vestibular no ano de 2013.

Segundo Núñez e Ramalho (2012) o vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) tinha como principal função selecionar estudantes para o início dos estudos na educação superior. Esse processo avaliava um conjunto de habilidades e competências que integram o conteúdo das disciplinas do Ensino Médio. O processo era diagnóstico e tentava fundamentar-se o mais próximo das políticas da educação básica como: Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002a) e as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio – DCNEM (BRASIL, 1998), e seguia as orientações que fundamentavam a política de inclusão social da UFRN, questão que conferia à análise desse processo uma validade significativa. Hoje a entrada na UFRN acontece por meio da nota do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM.

A prova de perguntas discursivas procura avaliar as capacidades de leitura e de solução de problemas que exigem, segundo Núñez e Ramalho (2012), a produção de respostas e sua expressão escrita, geralmente à justificação, à explicação, à compreensão, às análises, dentre outras habilidades de comunicação. Na prova discursiva a compreensão se expressa na solução correta das exigências cognitivas das questões. A prova discursiva de Química consta de quatro perguntas num caderno de provas junto a um mesmo número de questões de matemática e física.

As provas utilizadas como fonte de informação nesse trabalho foram cedidas pelo Observatório da Vida do Estudante Universitário (OVEU), junto a Comissão Permanente de Vestibular (COMPERVE) da UFRN. As respostas analisadas foram da questão discursiva de número 5 da prova de Química do vestibular do ano de 2013.

A análise das respostas dos candidatos possibilitou determinar os níveis da habilidade, em estudo, identificar e caracterizar os erros, assim como inferir as dificuldades de aprendizagem que podem a eles serem associados.

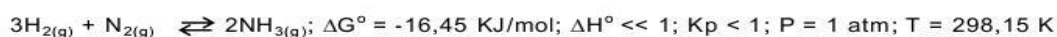
As respostas à questão 05 da prova discursiva da UFRN, apresentada na Figura 14, foi o objeto de estudo da pesquisa.

Figura 14 – Questão número cinco da prova discursiva de Química do vestibular da UFRN (2013)

**Questão 5**

Na história da Química, um dos estudos mais significativos foi desenvolvido pelo químico alemão Fritz Haber para a obtenção da amônia (NH<sub>3</sub>). Essa substância é estrategicamente importante para outros processos da indústria química assim como para a produção de fertilizantes. O processo foi aperfeiçoado posteriormente por Carl Bosch. A importância dessas pesquisas valeu a Haber, em 1918, e a Bosch, em 1931, o Prêmio Nobel de Química.

O processo de obtenção da amônia na indústria se realiza a partir da reação do H<sub>2(g)</sub> com o N<sub>2(g)</sub>, mostrada através da equação a seguir:



Para que esse processo ocorra e seja economicamente viável, os pesquisadores mostraram que deve acontecer a altas temperaturas, a alta pressão de forma tal a compensar o efeito da temperatura, e na presença de um catalisador por ter alto valor a energia de ativação da etapa lenta do mecanismo da reação, se comparada com outras reações nessas condições. Considerando essa situação,

- A)** qual o significado de  $\Delta G^\circ = -16,45 \text{ KJ/mol}$ , de  $K_p < 1$  e do valor da energia de ativação observado na etapa informada?
- B)** por que, para compreender se uma reação química acontece na prática, é importante conhecer os valores dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ , de  $K_p$  e o da energia de ativação?
- C)** para produzir diariamente oito toneladas de amônia, qual a quantidade necessária de hidrogênio, considerando-se que se dispõe de quantidade suficiente de nitrogênio?

Fonte: Comissão Permanente de Vestibular (COMPERVE)

As 126 provas discursivas selecionadas foram dos candidatos ao curso de Licenciatura em Química para os períodos matutino e noturno, da área Tecnológica II, aplicada no 3º dia do vestibular. As provas não possuem identificação nomeada, são identificadas com o número da máscara, pacote e ordem (um código).

Como se observa na questão da Figura 14 se exige a integração de diversos parâmetros necessários à compreensão da reação química como um sistema complexo. Na resposta do item **A** se deve explicitar os significados dos parâmetros termodinâmicos ( $\Delta G^\circ$ ), cinético (Energia de ativação) e do equilíbrio ( $K_p$ ), por sua vez, no item **B** se solicita a integração dos parâmetros. No item **C**, o estudante deve mostrar o conhecimento sobre os aspectos quantitativos da reação química, ao calcular a quantidade de um reagente para produzir uma dada quantidade de amônia.

É nessa situação que se farão as análises em relação às duas primeiras questões de estudo da pesquisa, o qual constitui uma situação pouco sistematizada nas publicações sobre dificuldades da aprendizagem da Química no Ensino Médio.

### 6.3 Análise das respostas da questão da prova

A análise das respostas da questão em estudo se orientou à determinação dos níveis de desenvolvimento da habilidade de explicar a reação química como um sistema e a identificar os erros nas respostas, o que possibilitou a inferência das dificuldades de aprendizagem em relação a esse conteúdo. Para essa finalidade foram definidas quatro categorias de análises.

#### 6.3.1 Categorias teóricas de análises

O uso de categorias teóricas possibilita uma orientação inicial da análise dos dados para responder aos dois primeiros itens de estudo

Na análise das provas as categorias utilizadas na realização das apreciações dos resultados da pesquisa são as apresentadas no Quadro 15:

Quadro 15 – Categorias teóricas de análises

CATEGORIA DE ANÁLISE	
A)	Índice de aproveitamento ou de acerto
B)	O erro na aprendizagem das ciências
C)	Dificuldades de Aprendizagem
D)	Nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema

Fonte: a pesquisa

##### 6.3.1.1 Índice de aproveitamento ou de acerto

O índice de acerto, na teoria clássica de avaliação (dos testes), é um indicador para se estabelecer o desempenho dos estudantes na prova (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012)

Essa categoria se define pela razão entre o número de estudantes que responderam corretamente à questão e o número total de respondentes multiplicado por 100, ou seja, trata-se da percentagem dos estudantes que responderam corretamente as perguntas. (CROCKER, ALGINA, 1986), conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Índice de aproveitamento

$IA = \text{Índice de Aproveitamento}$ $IA = C/S \times 100 \quad C = \text{são as respostas corretas}$ $S = \text{é o número de estudantes sujeitos à prova}$
--

Fonte: Núñez e Ramalho (2012)

O índice de aproveitamento nos remete ao índice de dificuldade, que nos orienta a analisar a pergunta no sentido de caracterizá-la. A dificuldade de uma questão se mede, segundo Núñez e Ramalho (2012), com base no percentual de acertos na resposta do aluno.

Tabela 06 – Classificação do Índice de Aproveitamento

Intervalo de respostas corretas (%)	Índice de acerto
> 90	Muito alto
>70 ≤ 90	Alto
> 40 ≤ 70	Médio
> 10 ≤ 40	Baixo
≤ 10	Muito baixo

Fonte: Núñez e Ramalho (2012)

### 6.3.1.2 O erro na aprendizagem das ciências.

Carrascosa (2005) define os erros conceituais como respostas rápidas, seguras, contraditórias aos conhecimentos científicos vigentes, amplamente dominados pelos estudantes e que se repetem insistentemente. Para Socas (1997), o erro deve ser considerado consequência de um esquema cognitivo inadequado do aluno, e não somente resultado de uma distração ou da falta de um conhecimento específico.

Na perspectiva da teoria histórico-cultural de Vygotsky, da teoria da atividade de Leontiev e da Teoria da Assimilação das Etapas de Galperin, segundo Núñez (2009), os erros são parte do processo de apropriação do conteúdo escolar e uma expressão da relação entre o que se sabe e o que se procura saber, no contexto da Zona de Desenvolvimento Proximal, definida por Vygotsky.

Para Núñez (2009) o erro pode ser definido em termos de desvio da resposta do estudante em relação ao padrão estabelecido ou ao modelo de atividade. Considerando aprendizagem como um tipo de atividade que apresenta como finalidade fazer o estudante passar de um estágio A para um estágio A+1, o erro é, nessa passagem, uma manifestação das dificuldades de aprendizagem e, assim sendo, uma ferramenta importante em seu processo (NÚÑEZ, 2009).

Para esse autor o erro se apresenta como um resultado diferente, não necessariamente de uma deficiência, uma vez que é produto de um processo do pensamento. O erro, dessa forma é a manifestação fenomenológica da dificuldade de aprendizagem ou das concepções dos estudantes. Não é suficiente caracterizar o erro, também se faz necessário relacioná-lo com as causas, que como hipóteses didáticas, podem ser pensadas como explicação.

#### 6.3.1.3 Dificuldades de aprendizagem das ciências.

Para Kempa (1991) a expressão “dificuldade de aprendizagem” em Ciências Naturais é utilizada para indicar uma situação na qual um aluno ou grupo de alunos não apresenta sucesso na aprendizagem de uma ideia, de um conceito ou na solução de um problema.

Se o erro é a evidência de um distanciamento da resposta do estudante, em relação ao referencial teórico como marco disciplinar, a dificuldade de aprendizagem pode ser considerada como a causa desse erro. É certo que entre o erro e a dificuldade de aprendizagem as relações são complexas e múltiplas, por isso as dificuldades de aprendizagem são inferidas e se constituem em hipóteses provisórias explicativas (NÚÑEZ, RAMALHO, 2012).

As dificuldades de aprendizagem estão relacionadas com o que Giordan e DeVecchi (1996, p. 102) chamam de concepções dos estudantes.

As concepções não devem, portanto, ser interpretadas unicamente como coleções de informações passadas ou como elementos de um estoque informativo simplesmente destinado a consultas anteriores. Correspondem primeiramente a uma mobilização do adquirido, em vistas de uma explicação, previsão, ou ainda de uma ação simulada ou real.

Para os autores as concepções são estruturas subjacentes, modelos explicativos, que têm uma gênese ao mesmo tempo individual e social. Assumem um caráter dinâmico, operativo e instrumental, como estratégia cognitiva para selecionar as informações pertinentes, de maneira a estruturar e organizar o real (GIORDAN, DE VECCHI, 1996).

#### 6.3.1.4 Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema

Interpretar nas Ciências Naturais supõe traduzir informações de uma observação, de quadros, de tabelas, de gráficos e de material escrito (textos) de forma que possam ser verificados. É atribuir significado a informações com base no conhecimento científico. A interpretação se relaciona com outras habilidades como raciocinar, argumentar, deduzir, explicar, antecipar, prever dentre outras. (NÚÑEZ, RAMALHO, 2011).

Para Moltó (2005), interpretar é atribuir significado a determinados símbolos. A estrutura operacional dessa habilidade, no geral, se organiza da seguinte forma:

- a) Atribuir a cada símbolo seu significado;
- b) Expressar a relação entre os símbolos utilizando seus significados;
- c) Expressar o resultado da interpretação.

Na análise de procedimentos para a aprendizagem das Ciências Naturais, Sá (1994) associa a interpretação de informação com as seguintes ações:

- a) Relacionar as observações entre si, de forma tal que estabeleçam sequências ou se identificam regularidades;
- b) Identificar tendências ou regularidades nos dados;
- c) Identificar variáveis suas relações;
- d) Descrever as informações mais relevantes;
- e) Construir inferências a partir das informações;
- f) Tirar conclusões dos dados.

As respostas dos candidatos a quinta questão, foram analisadas e organizadas em níveis de desenvolvimento, onde os critérios foram selecionados por níveis de conhecimento. Inicialmente encontramos 24 níveis, classificadas com diferentes respostas. Cujos resultados foram trabalhados nos nossos resultados. Para a classificação em níveis de desenvolvimento consideramos as respostas “parcialmente corretas” como “incorretas” e os níveis diminuíram para 16.

Para o nível um foram classificadas aquelas provas em que os candidatos acertaram os três itens solicitados na questão. Para o segundo nível foram classificadas as provas em que os candidatos acertaram o item a, integraram corretamente dois parâmetros e acertaram o item c em sua íntegra. Para o nível três, temos as provas que definiram corretamente dois parâmetros, integraram corretamente dois parâmetros e calcularam o item c corretamente. Para o nível 4 foram classificadas as provas em que integraram corretamente dois parâmetros e calcularam o item c incorretamente. No nível nove foram classificadas as provas em que os candidatos acertaram somente a definição de um parâmetro, e respondendo incorretamente os itens b e c. Para o nível onze temos as provas em que os candidatos responderam os três itens, mas todos com respostas incorretas. E no último nível temos as provas em os estudantes deixaram todas as respostas em branco.

Nesse caso do nosso trabalho não se trata somente de identificar os erros e inferir as dificuldades de aprendizagem, mas de se ponderar os níveis de apropriação da habilidade, como explica Núñez (2009) a habilidade está em união indissociável com o conhecimento, ou seja, a

ação e o conhecimento formam uma unidade. Uma vez que tomamos como referência o enfoque sistêmico dialético (NÚÑEZ, 2009), a análise exige privilegiar a dimensão qualitativa e integrativa, e não só uma listagem de erros quantificados, ao estilo da avaliação clássica.

#### 6.4 Processo de análise da questão da prova

Para responder a primeira questão de estudo que questionava quais as dificuldades e erros são característicos das concepções dos estudantes, futuros professores de Química, sobre reações químicas. Com essa intenção utilizamos uma Folha de Registro para a análise das respostas da questão 05.

A Folha de Registro nos possibilitou a identificação dos erros cometidos pelos estudantes nos itens A, B e C individualmente. Depois da identificação, foi possível fazer uma análise dos erros e das dificuldades dos estudantes. Também diante da análise foi possível então, classificar as provas em nível de desenvolvimento.

A Folha de Registro e o quadro com os níveis de desenvolvimento encontram-se no apêndice 01 desse trabalho.

Assim a análise das respostas dos candidatos à questão em estudo foi organizada em duas etapas: a preparatória e das análises efetivas.

##### 1. Etapa Preparatória.

A etapa preparatória teve como finalidade desenvolver uma familiarização com o protocolo de análise proposto a partir da definição de níveis de desenvolvimento da habilidade. Nessa etapa um número de 18 provas selecionadas de forma aleatória, foi corrigido. Esse processo possibilitou uma primeira redefinição dos níveis de desenvolvimento da habilidade inicialmente definidos.

##### 2. Análise das respostas dos estudantes utilizando a Folha de Registro

Nessa etapa para o primeiro item foi avaliado como: respondeu corretamente, parcialmente, errado ou não respondeu. O item solicitava a análise dos parâmetros Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ), Constante de Equilíbrio ( $K_p$ ) e Energia de Ativação (E.A). Entendemos que o estudante que deixou de responder corretamente qualquer um dos parâmetros solicitados ( $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  (E.A)), foi classificado como “parcialmente correto”. Bem como aquele estudante que errou a definição dos três parâmetros, foi classificado como “errado”.

No segundo item foi avaliado a explicação da integração dos parâmetros do primeiro item, a análise foi baseada na explicação integrando os três, dois ou nenhum parâmetro, ou deixou a questão em branco. Para os estudantes que integraram apenas dois parâmetros,

consideramos o item como “parcialmente correto”. Verificamos quais os parâmetros o estudante integrou corretamente. Na análise do item do que foi “deixado em branco”, foi analisado duas possibilidades: a de ser deixado em branco apenas um dos parâmetros ou o de não ter respondido nada.

O terceiro item necessitava analisar a proporção e o cálculo matemático solicitado, pois a questão correspondia a uma análise estequiométrica. Para esse item foi considerado “parcialmente correto” aqueles estudantes que colocaram a proporção correta e erraram nos cálculos. E considerado “incorreto” para os estudantes que apresentaram uma proporção incorreta e, portanto, já elaboraram um pensamento equivocado para o desenvolvimento da questão.

### **6.5 Entrevista semiestruturada.**

A entrevista é uma técnica na qual se desenvolve uma conversa planejada com o entrevistado, a qual representa uma situação comunicativa, com caráter intencional para obter informações.

A entrevista tem se configurado como instrumento ou como método de coleta de dados ou informações amplamente utilizadas em pesquisas em Educação (MANZINI, 2003). Sendo considerada pelo autor uma forma de interação social. A título de definição é considerada por Manzini (2003), uma forma de buscar informações, face a face com o entrevistado. Pode ser entendida como uma conversa orientada para um objetivo, estabelecida pelo entrevistador.

#### **6.5.1 Objetivo da entrevista**

A entrevista feita a seis professores de Química do Ensino Médio ou Superior relativa à questão 05, teve a intenção de conhecer como eles explicavam os resultados dos níveis de desenvolvimento da habilidade, o que possibilitou ampliar a compreensão dos sentidos do objeto de estudo.

#### **6.5.2 Entrevista semiestruturada: vantagens e desvantagens**

A entrevista semiestruturada é aquela que traz como uma das características o fato do roteiro ser elaborado previamente. A entrevista aos professores foi semiestruturada, escolhida pelo fato de o entrevistado possuir uma reserva complexa de conhecimento sobre o tópico em estudo (FLICK, 2004). Esse conhecimento inclui suposições que são explícitas e imediatas, as

quais o entrevistado pode expressar espontaneamente ao responder uma pergunta aberta. As questões devem ser feitas de forma que o entrevistado esteja amparado metodologicamente, a fim de reconstruir a teoria subjetiva do entrevistado. Na entrevista, as relações formuladas nas questões servem ao propósito de tornar o conhecimento implícito em explícito. Nesse caso as perguntas devem ser controladas pela teoria e direcionadas para as hipóteses (FLICK, 2004).

Uma das vantagens desse tipo de entrevista é dar voz ao interlocutor para que ele fale do que está acessível a sua mente no momento da interação com o entrevistador e em um processo de influência mútua produz um discurso compartilhado pelos dois atores: pesquisador e participante.

A realização de uma boa entrevista exige: a) que o pesquisador tenha muito bem definido os objetivos de sua pesquisa; b) que ele conheça, com alguma profundidade, o contexto em que pretende realizar sua investigação; c) a introjeção, pelo entrevistador, do roteiro da entrevista; d) segurança e auto-confiança; e) algum nível de informalidade, sem jamais perder de vista os objetivos que levaram a buscar aquele sujeito específico como fonte de material empírico para sua investigação (DUARTE, 2004).

### 6.5.3 Critérios para seleção dos professores

A entrevista foi feita com professores da disciplina de Química, que atuam nas escolas da rede pública e privada da cidade do Natal, RN. O contato com os profissionais foi feito via telefone e/ou e-mail.

O critério utilizado na escolha desses entrevistados foi ser professor do Ensino Médio ou Superior na disciplina de Química e ter experiência no ensino, com reconhecimento como profissional da área.

### 6.5.4 Plano de Entrevista

Um roteiro é sempre um guia, não podendo prever todas as situações e condições de trabalho. A entrevista efetuada nessa pesquisa foi a semiestruturada e seu roteiro segundo Minayo (2010) deve desdobrar os vários indicadores considerados essenciais e suficiente em tópicos que contemplem a abrangência das informações esperadas.

O roteiro ou tópicos da entrevista deve ser construído de forma flexível nas conversas. Na sua elaboração devemos levar em consideração:

- a. Em uma entrevista de cunho qualitativo, não se pergunta por conceitos, pois induz a respostas dicotômicas do tipo sim ou não, ou leva a entrevista a um patamar de teste escolar;
- b. O guia deve conter apenas itens indispensáveis ao delineamento do objeto em relação à realidade empírica, facilitando a abertura, ampliação e aprofundamento da comunicação (MINAYO, 2004)

O roteiro previamente elaborado pode garantir o não esquecimento de algum item. Um roteiro aqui nomeado de plano de entrevista, segundo Manzini (2003), deve ter perguntas simples e diretas. As perguntas devem seguir uma ordem de complexidade de respostas, do mais simples a mais complexa de serem respondidas. Entregar a questão impressa para o professor entrevistado deve facilitar a resposta a primeira pergunta, é entendemos como uma forma de uniformizar as informações a todos os entrevistados.

Quadro 16 – Plano de Entrevista

OBJETIVO	PERGUNTAS
<p>Conhecer as razões que professores atribuem aos resultados baixos de desempenho dos estudantes candidatos na questão.</p>	<p>1. Mostrar a questão e lembrar as finalidades da avaliação;</p>
	<p>2. Mostrar a tabela com os índices de desempenho.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ A quais razões o senhor (a) atribui esse baixo desempenho dos estudantes candidatos ao curso de Química, que não são diferentes dos resultados no geral de todos os que participaram no vestibular nesse ano, na prova discursiva de Química?</li> </ul>
	<p>3. Mostrar a tabela com os níveis de desenvolvimento da habilidade, explicar o significado de cada nível.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Na sua opinião quais razões o senhor (a) atribui ao fato de não ter estudantes nos níveis 1, 2, 3 que representam um conhecimento para integrar as informações e compreender a reação química como sistema?</li> </ul>

Fonte: a pesquisa

➤ Adequação do roteiro da entrevista

O plano da entrevista foi enviado a uma apreciação externa, para a sua adequação. Como o roteiro não é um instrumento que será aplicado, não se configura como um instrumento de medida, mas para coleta de dados. Para a adequação do roteiro pode ser utilizado dois procedimentos: a) apreciação por pessoas experientes na análise de roteiros de entrevistas e, b) entrevista piloto com professores de Química.

Optamos pelo segundo procedimento e aplicamos o roteiro a dois professores de Química, verificando se as perguntas atendem aos objetivos e se a maneira de perguntar estava adequada.

A entrevista iniciou-se com a apresentação da pesquisadora e depois uma síntese rápida do seu trabalho de pesquisa. No início da entrevista foi conversado sobre alguns assuntos externos à pesquisa para que os entrevistados ficassem à vontade em suas respostas. Houve a intenção de deixar a entrevista mais como uma conversa pessoal, que uma situação em que a pergunta é feita muito formalmente, até mesmo compartilhando experiências. Finch (1984); DeVault (1990) e Lather (1988) preocupa-se sobre “a vontade extremo”, ou seja, sempre chama a atenção para não abusar da confiança que temos com o entrevistado. A entrevista, com autorização dos professores, foi gravada com o gravador de um telefone celular ficando o entrevistado à vontade, sem ter um gravador a sua frente, que por vezes causa constrangimento.

A entrevista foi feita somente a seis professores, pois, o que importa, não é quantos foram entrevistados, mas a contribuição de conteúdos significativos para a compreensão do tema em questão (BAUER, GASKELL,2002).

Para Minayo (2010) a unidade de significação não é composta pela soma das respostas para formar uma relevância estatística. E, sim, se constrói por significados que conformam uma lógica própria, onde a relevância da resposta está em um ou poucos interlocutores.

#### 6.5.5 A entrevista

A entrevista ocorreu nas escolas onde os professores trabalham, possibilitando o desenvolver de uma conversa mais informal. O contato para a marcação da entrevista deve ocorrer por telefone ou e-mail, onde devemos:

- Fazer a apresentação pessoal;
- Fazer a apresentação da pesquisa;
- Apresentar a importância da pesquisa;
- Agradecer sua participação;

Ao chegar à escola, iniciamos um **Rapport (conexão)**, criando uma ligação de sintonia e empatia com o professor entrevistado.

- Falar um pouco sobre minha formação e atuação;
- Informar sobre a importância da entrevista para a pesquisa;
- Salientar sobre a importância do sigilo sobre o conteúdo da entrevista;
- Solicitar permissão para gravar a entrevista;
- Solicitar algumas informações, tais como: tempo de experiência como professor de Química, se possui curso de pós-graduação e idade.

Apresentar ao professor as informações que irão auxiliar a entrevista:

- Apresentar e comentar a questão nº5;
- Informar que a questão foi aplicada no vestibular de 2013 na UFRN;
- Informar que os candidatos analisados concorriam a uma vaga para o curso de Licenciatura em Química;
- Informar o índice de aproveitamento dos estudantes candidatos para a questão.

Iniciou-se as perguntas que levantem aspectos do objeto de representação de níveis mais concretos e seguiu um nível de complexidade. Utilizamos um gravador portátil para gravar as respostas.

### Para a primeira pergunta:

A análise da questão a seguir foi apresentada pela COMPERVE. A questão foi respondida por um total de 7.310 candidatos, o que significa que este é o número de provas discursivas corrigidas. Os resultados foram agrupados, em consonância com a Tabela 07 a seguir.

Tabela 07 – Proporção de candidatos segundo o desempenho

Notas	Quantidade	% de candidatos
0	2649	36,2
0,01 - 0,25	1729	23,7
0,26 - 0,50	1655	22,6
0,51 - 0,75	528	7,3
0,76 - 1,00	749	10,2

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN (2013)

A Tabela 08, a seguir, apresenta as notas das 126 provas respondidas pelos estudantes candidatos ao curso de Licenciatura em Química e seu percentual de acerto.

Tabela 08 – Nota dos candidatos na questão discursiva de número 05

<b>Nota - questão 05</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>
0 (zero)	72	57.1%
0 -- 1	18	14.3%
1 -- 2	10	7.9%
2 -- 3	3	2.4%
3 -- 4	2	1.6%
4 -- 5	3	2.4%
5 -- 6	2	1.6%
6 -- 7	0	0.0%
7 -- 8	0	0.0%
8 -- 9	0	0.0%
9 -- 10	0	0.0%
Não respondeu	16	12.7%
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>100.0%</b>

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN (2013)

### ➤ Primeira Questão

Quais as razões que o senhor (a) atribui esse baixo desempenho na questão 5 dos estudantes candidatos ao curso de Química, resultados esses que não difere do resultado de forma geral de todos que participaram desse vestibular?

#### Para segunda pergunta:

Após a resposta de o professor ser concluída, apresentamos o quadro com os níveis de desenvolvimento da habilidade e explicamos o significado dos níveis de maior relevância.

Classificamos como nível 01 as respostas que não apresentaram nenhum erro. Para o nível 02, as respostas que apresentou como erro somente um dos parâmetros do item a.

As respostas classificadas no nível 03 foram aquelas que definiram dois parâmetros do item a corretamente, assim como a integração de dois dos parâmetros solicitados no item b.

Foram classificadas no nível 04 as respostas que definiram dois dos parâmetros corretamente do item a, integram dois parâmetros corretamente para o item b, e não calculam corretamente o item c.

O nível 11 classificam as respostas em que não ocorreu nenhum tipo de resposta correta, ou parcialmente correta.

Classificaram no nível 16, aquelas respostas em que foram deixados todos os itens em branco. Quadro 17 com os níveis de desenvolvimento apresentado ao professor entrevistado.

Quadro 17 – Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reações químicas

Nível	Critérios de classificação
1	Item a – o estudante explicita corretamente o significado de $\Delta G^\circ$ (negativo), de $K_p < 1$ e da energia de ativação elevada para a reação química. Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio
2	Item a – o estudante explicita corretamente dois dos significados de: $\Delta G^\circ$ (negativo), de $K_p < 1$ e da energia de ativação elevada para a reação química. Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio
3	Item a – o estudante explicita corretamente dois dos significados de: $\Delta G^\circ$ (negativo), de $K_p < 1$ e da energia de ativação elevada para a reação química. Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados de: $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio
4	Item a - o estudante explicita dois significados corretamente: $\Delta G$ (negativo), $K_p < 1$ , ou energia de ativação elevada para a reação química. Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio
11	Item a – o estudante não explicita nenhum significado corretamente para de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item b – não apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação para a ocorrência da reação química. Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio
16	Item a- deixou em branco Item b- deixou em branco Item c – deixou em branco

Fonte: A pesquisa

Tabela 09 – Porcentagem de estudantes por nível

<b>NÍVEL</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM %</b>
<b>1</b>	0	0.0%
<b>2</b>	0	0.0%
<b>3</b>	0	0.0%
<b>4</b>	0	0.0%
<b>5</b>	2	1.6%
<b>6</b>	2	1.6%
<b>7</b>	0	0,0%
<b>8</b>	3	2.4%
<b>9</b>	14	11.1%
<b>10</b>	2	1.6%
<b>11</b>	46	36.5%
<b>12</b>	1	0.8%
<b>13</b>	11	8.7%
<b>14</b>	8	6.3%
<b>15</b>	1	0.8%
<b>16</b>	36	28.6%
<b>TOTAL</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>

Fonte: A pesquisa

### **A segunda pergunta**

Em sua opinião quais as razões o senhor(a) atribui ao fato de não ter nenhum estudante nos níveis 1, 2, 3 e 4 nos quais representam um conhecimento para integrar os conteúdos que possibilitem a compreensão da reação química como um sistema?

Ao final da entrevista ressaltamos novamente a importância da entrevista para o trabalho.

Agradecemos pela atenção do professor. E nos comprometemos a apresentar os resultados da pesquisa para o senhor (a).

#### ➤ **Organização dos dados da entrevista**

- Transcrição das entrevistas

As entrevistas devem ser transcritas, logo depois de encerradas, de preferência por quem as realiza. Depois de transcrita, a entrevista deve passar pela chamada conferência de fidedignidade: ouvir a gravação tendo o texto transcrito em mãos, acompanhando e conferindo cada frase, mudanças de entonação, interjeições, interrupções etc. (ALBERTI, 1990).

A transcrição de áudio é necessária quando se tem uma gravação de áudio, ou áudio de vídeo, e deseja-se ter o conteúdo por escrito. Os áudios mais comumente transcritos são entrevistas e depoimentos, mas pode ser feita para qualquer áudio que precise ser registrado em texto.

Segundo Marcuschi (1986), nas transcrições das entrevistas deve-se observar as regras apresentadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Normas para transcrição

Situação	Convenção
Qualquer pausa	...
Hipótese do que se ouviu	(Hipótese)
Dúvida, Incompreensão de palavras ou segmentos	()
Comentários do transcritor	((ruído))
Truncamento, interrupção discursiva	/ (ex.: a meni/ a menina vai fazer...; o menino/ a menina vai fazer...
Alongamento de vogal e consoante (como r, s)	: ou :: (se for muito longo)
Interrogação	?
Entonação enfática	Maiúsculas (Ex.: ela quer UMA solução, não qualquer solução)
Silabação	- - (Ex.: Eu estou pro-fun-da-men-te chateada)
Aspas	Discurso direto
Superposição, simultaneidade de vozes	[ [ (ligando as linhas) Obs.: Se o primeiro locutor continuar falando sem parar, apesar da superposição de vozes, colocar um sinal de = ao fim da linha e recomeçar, após a fala superposta, com um sinal de =, para indicar a continuação. Exemplo: L: eu gosto muito de histórias infantis... [sempre que eu = D: [sei L: = posso leio pros meus netos
Pausas e silêncios	(+) ou (2.5) Para pausas pequenas sugere-se um sinal + para cada 0.5 segundo. Pausas em mais de 1.5 segundo, cronometradas, indica-se o tempo.

Fonte: Marcuschi (1986)

Detalhes que devem ser observados durante a transcrição, segundo Marcuschi (1986):

1. Iniciais maiúsculas só para nomes próprios (figuras públicas, locais etc.) ou para siglas.
2. Se houver nomes citados durante a entrevista (o nome do informante, por exemplo), usar os seguintes “códigos”, para que seus nomes não sejam divulgados: LM, no caso de informante/locutor masculino; LF, no caso de informante/locutor feminino; D, no caso do documentador.

Ex.

D: bem... Maria... você trabalha? = D: bem... LF... você trabalha?

L: Silvia... trabalho demais da conta = L: D... trabalho demais da conta

Outras pessoas citadas serão identificadas por M. (no caso de masculino) ou por F. (no caso de feminino).

3. Fáticos: ah, eh, ih, oh, uh, ahn, ehn, uhn, tá, né, ó (=olha), pô. (Obs.: Diferenciar eh (marcador, interjeição) / é (verbo); né (marcador) / não é (verbo))
4. Números: por extenso.
5. Não se usa o ponto de exclamação.
6. Podem-se combinar sinais (::...).
7. Não se usam sinais da língua escrita (vírgula, ponto etc).
8. A transcrição não é fonética; deve-se seguir, em linhas gerais, a ortografia-padrão – qualquer pronúncia de você: “você, ocê, ce” = você; “dum, de um, duma, de uma” = de um, de uma; “pruma, pra uma” = pra uma; “prum, pra um” = pra um; “cantaru, cantarum” = cantaram; “cantum, cantaum” = cantam; etc. Registrar os grafemas finais de “falou”, “tou”; “cantar”, “saber”; “vamos” – independentemente da pronúncia.

Algumas concessões à pronúncia (usos muito cristalizados):

- a. Registrar “da”, “do”, “na”, “no”, “num”, “numa”.
- b. Registrar “pra(s)/ pro(s)”, quando se fala “pra” e “pa” / “pro”; registrar “para” quando se fala “para”.
- c. Registrar as variantes de “estar” da forma como forem ditas, de fato, pelo informante: tá, tou, tava ou está, estou, estavam, etc.
- d. Registrar “vô” (= avô)
9. Antes da fala do documentador, colocar D: (se houver mais de um: D e D2)
10. Antes da fala do informante, colocar L: (se houver mais de um: L e L2)

Marcuschi (1986) compilou quatorze sinais que considerava mais frequentes e úteis para realizar uma transcrição. Além desses sinais, o autor indicou algumas dicas para a transcrição:

1. evitar as maiúsculas em início de turno;
2. utilizar uma sequenciação com linhas não muito longas para melhorar a visualização do conjunto;
3. indicar os falantes com siglas ou letras do nome ou alfabeto;
4. não cortar palavras na passagem de uma linha para outra.

Para o mesmo autor, palavras pronunciadas de modo diferente do padrão teriam algumas grafias consensuais, tais como: né, pra, prum, comé, tava, ou truncamentos, tais como: compr (comprou), vam di (vamos dizer), dentre outras.

## 6.6 Análise das respostas das entrevistas: Análise do Discurso

Na interpretação das falas nas entrevistas buscamos o sentido nas respostas em relação a questão de estudo. Utilizamos a análise do discurso no tratamento dos dados. A análise do discurso é um método que visa não só apreender como uma mensagem é transmitida, como também explorar o seu sentido (VERGARA, 2005). Seu foco é “a forma como a língua é produzida e interpretada em um dado contexto” (CABRAL, 1999, p.11).

O quadro epistemológico dessa proposta é trabalhar a linguagem, segundo Minayo (2010), articulando três regiões do conhecimento: a) o materialismo Histórico, como teoria das formações sociais, de suas transformações e também ideologias; b) linguística como teoria dos mecanismos sintáticos e dos processos de enunciação; c) Teoria do Discurso como teoria da determinação histórica dos processos semânticos.

### ➤ Características principais

- a. Permite reconhecer o significado daquilo que está explícito quanto do implícito na mensagem; portanto, não só o que se fala, mas como se fala;
- b. Permite identificar como se dá a interação entre membros de uma organização: a participação, o processo de negociação, as manifestações de poder;
- c. Um de seus postos-chave é a destinaridade, ou seja, o receptor;
- d. A análise do discurso é uma interpretação do discurso produzido por outros, considerando-se a subjetividade do pesquisador;
- e. Exige do pesquisador habilidades para registrar os recursos utilizados pelos participantes para intensificar ou mitigar o que está sendo dito, para observar aspectos comportamentais emergentes durante o discurso, bem como para registrar fatos durante a entrevista.(MINAYO, 2010).

### ➤ Como utilizar, no caso de dados provenientes da entrevista.

- a. Realizam-se as entrevistas;
- b. Registra-se o conteúdo literal das entrevistas utilizando gravação em áudio;
- c. Registram-se aspectos para linguísticos e não verbais em notas de campo;
- d. Precede-se à audição das gravações, antes de dar início a transcrição;
- e. Transcreve-se o conteúdo da entrevista valendo-se dos critérios da transcrição.
- f. Identifica-se as primeiras ideias relativas ao texto;

Texto é tomado como a unidade de análise. Um texto pode ser uma palavra, um conjunto de frases ou um documento completo. O texto consiste no discurso acabado para fins de análise. (MINAYO, 2010)

- g. Identificar os pontos-chaves do discurso: como o emissor se projeta; que referências utilizam; como se dirige ao receptor; qual a linguagem é empregada; que dimensões enfatiza e como se dá a comunicação ou a argumentação.
- h. Identificam-se nos dados padrões, isto é, relações entre características do discurso, bem como variabilidades, ou seja, diferenças entre discursos de diferentes indivíduos e entre discursos de um mesmo indivíduo;
- i. Descrevem-se detalhadamente e analisam-se os elementos identificados;
- j. Resgata-se o problema que suscitou a investigação;
- k. Confrontam-se os resultados obtidos com a(s) teoria(s) que deu(ram) suporte a investigação;
- l. Formula-se conclusão
- m. Elabora-se o relatório da pesquisa. (VERGARA, 2005)

#### 6.6.1 Organização dos dados das análises das respostas

Para a representação e organização de dados será usada a estatística descritiva, no sentido de caracterizar os conjuntos de dados quantitativos de forma gráfica. Os gráficos e tabelas permitem representar adequadamente os dados, de forma tal, que denotem claramente as características principais do conjunto.

#### 6.6.2 Validação dos instrumentos de pesquisa.

A validação constitui a qualidade de um instrumento que fornece as informações para as quais foi construído.

A validação desta pesquisa ocorreu com a aplicação do roteiro de perguntas ao orientador e co-orientador do estudo. Como professores conceituados na área da educação e da Química, o roteiro da entrevista foi validado.

Nesta pesquisa os áudios foram ouvidos várias vezes visando a reprodução na íntegra da fala dos professores. O tratamento dos resultados e interpretação admitiram uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições, já aceitas como verdadeiras (BARDIN, 2009).

Entendemos que a metodologia desenvolvida de acordo com os métodos, as técnicas e os instrumentos de pesquisa, atenderam às perspectivas, pois foram fundamentais para chegarmos às conclusões deste estudo. Além disso, contribuiu com a construção do conhecimento, aprofundamento de discussões, e possibilitou novos questionamentos sobre a aprendizagem da Química.

## **7 O CONHECIMENTO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE A REAÇÃO QUÍMICA COMO SISTEMA COMPLEXO: O CASO DOS CANDIDATOS AO CURSO DE QUÍMICA**

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos da análise das respostas dos estudantes candidatos ao curso de Licenciatura em Química, no vestibular da UFRN, revelados nas respostas a questão discursiva o que possibilitou avaliar o conhecimento desses estudantes sobre a reação química como um sistema complexo. Na análise, foram determinados os erros e as dificuldades dos estudantes relacionados aos significados e a integração dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$ , na interpretação de uma reação química como sistema. Também exporemos o resultado da análise do cálculo estequiométrico, solicitado na questão. Ainda como resultados da pesquisa, são apresentadas as análises do discurso das entrevistas de professores de Ensino Médio em relação as causas que eles atribuem aos baixos resultados alcançados pelos estudantes na compreensão da reação química como sistema.

Essas análises possibilitaram a construção de argumentos a favor da tese, de forma a dar conta do objetivo geral e dos objetivos específicos que nortearam o estudo. Dessa forma, foi possível, caracterizar o conhecimento dos estudantes sobre um conteúdo essencial da Química na educação básica: as reações químicas. Os resultados são apresentados e discutidos segundo a lógica dos objetivos específicos definidos na pesquisa.

### **7.1 Caracterização do contexto e do sujeito da pesquisa.**

O vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), era realizado anualmente em três dias consecutivos, nos quais os candidatos realizavam as provas objetivas e discursivas. As provas discursivas eram realizadas de acordo com a área escolhida pelo candidato, as quais visava avaliar o domínio do conteúdo e a capacidade de interpretação adequada das situações apresentadas (SOARES, 2010).

Neste estudo, foram usados os resultados da questão discursiva 05 do vestibular da UFRN do ano de 2013, em relação aos candidatos do curso de licenciatura em Química. Esse curso foi selecionado, uma vez que foi considerado serem esses os estudantes mais motivados pelo estudo da Química, entre todos os participantes do vestibular.

A caracterização dos candidatos ao curso de licenciatura de Química é essencial para analisarmos o perfil desse candidato. Num total de 7310 candidatos que participaram no vestibular da UFRN em 2013, 126 foram candidatos ao curso de licenciatura de Química, o que representa 1,73% do total.

Na tabela 10 observa-se que as quantidades de estudantes, segundo o sexo, são aproximadamente iguais, o que é característico dos estudantes do curso de licenciatura de Química da UFRN.

Tabela 10 – Quantidade de candidatos inscritos para o curso de licenciatura em Química: por sexo

Gênero	Frequência	Percentual
Masculino	71	56.3%
Feminino	55	43%
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>100.0%</b>

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN, outubro, 2013

Outro aspecto importante é saber se o estudante é oriundo de escola pública ou particular. O número de candidatos inscritos por tipo de escola onde cursou o Ensino Médio (ou equivalente) é apresentado na tabela 11.

Tabela 11 – Tipo de escola que o estudante cursou

<b>Tipo de Escola</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>
Todo em escola pública	85	67.5%
Todo em escola particular	32	25.4%
Parte em escola pública, parte em escola particular	7	5.6%
Outro tipo de escola	2	1.6%
<b>Total</b>	<b>126</b>	<b>100.0%</b>

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN, outubro, 2013.

Se observa assim que a maioria dos candidatos cursou o Ensino Médio em escolas públicas, o que conferi com a quantidade de 40 escolas estaduais que tiveram alunos inscritos no vestibular, como mostrada na tabela 12.

Tabela 12 – Escolas de onde os candidatos são egressos.

Tipo de Escolas	Número de Escolas
Escolas Estaduais	40
Escolas Particulares	17
Escolas Técnicas	6
Escolas Municipais	1
Universidades	1
Enem	1

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN, Outubro 2013.

A Universidade Federal do Rio Grande Norte, por meio da Comissão Permanente de Vestibular (COMPERVE) disponibilizou a demanda parcial de candidatos inscritos por curso, de acordo com os dados informados na tabela 13, a seguir.

Tabela 13 - Vagas e a demanda de candidatos ao curso de licenciatura em Química.

Cidade	Área	Curso	Vagas	Candidatos	Demandas
Natal	Tecnológica II	Química - Noturno – Licenciatura	25	72	2,88
Natal	Tecnológica II	Química – Matutino - Licenciatura	25	41	2,88

Fonte: OVEU/COMPERVE/UFRN, outubro, 2013.

### 7.1.1 Caracterização dos professores entrevistados

Os convidados para a entrevista são professores do Ensino Médio que atuam na cidade do Natal- RN. Todos os profissionais lecionam a mais de 10 anos a disciplina de Química na rede pública e particular da cidade do Natal. Quatro do total de sete professores pretendem a rede dos Institutos Federais do RN. Dois dos profissionais que atuam nos IFs são engenheiros químicos.

## 7.2 O conhecimento dos estudantes do Ensino Médio sobre a reação química

O estudo empírico sobre os candidatos ao curso de licenciatura em Química da UFRN se situa num contexto maior, o dos 7310 candidatos a ingressar na UFRN que responderam às perguntas discursivas da prova. Sendo assim, são apresentados inicialmente o desempenho do total de candidatos como forma de contextualizar a situação dos estudantes que pleiteavam uma vaga no curso de licenciatura em Química, foco da nossa tese.

Segundo o Relatório Pedagógico da Comperve (2013), a questão 05 foi corrigida por dois professores examinadores, de forma independente, segundo a chave de correção mostrada no Quadro 19. A nota final corresponde com a média das notas conferidas por cada examinador. No final do processo de correção, numa atividade, os examinadores discutiram quais foram os erros mais frequentes dos candidatos e relacionavam esses erros com possíveis dificuldades de aprendizagem, sendo estes os dados objeto de nossas análises. Nessa atividade participaram um dos pesquisadores que registrou os depoimentos dos examinadores e solicitou esclarecimentos quando necessário.

A correção das respostas efetuou-se a partir da chave definida pela Comperve, como apresenta o Quadro 19.

Quadro 19 – Chave de correção para a quinta questão discursiva

<b>CHAVE DE CORREÇÃO DA QUESTÃO DISCURSIVA</b>
<p>➤ <b>Competência:</b> Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológico.</p> <p>➤ <b>Habilidade/Sub-Habilidade:</b> Explicar uma reação química como sistema, na base de diversos parâmetros quantitativos, termodinâmicos, cinéticos, e do equilíbrio; correlacionar propriedades com estruturas nas substâncias químicas.</p> <p>➤ <b>Conteúdo conceitual:</b> Termodinâmica, Equilíbrio, Cinética e Estequiometria.</p> <p>➤ <b>Expectativa de resposta:</b></p> <p><b>para o item A:</b> Para o valor <math>\Delta G^\circ = -16,45\text{KJ/mol}</math> a reação é espontânea, já o valor de <math>K_p \ll 1</math> significa um baixo rendimento, ou seja maior quantidade de reagentes que de produtos no equilíbrio. O elevado valor de energia de ativação significa que a reação é muito lenta nessas condições. <b>(2 pontos para cada parâmetro correto)</b></p> <p><b>para o item B:</b> Cada um dos parâmetros apresentados em separado só informam elementos parciais da reação, conseqüentemente, para saber se a reação acontece na prática é necessária a combinação das três informações, pois uma reação pode ser espontânea (<math>\Delta G^\circ &lt; 0</math>) mas ser lenta (energia de ativação elevada) ou ter baixo rendimento (<math>K_p \ll 1</math>). Por isso a necessidade de se conhecer os três parâmetros <b>(2 pontos)</b></p> <p><b>para o item C:</b> Segundo as relações entre as massas <b>(2 pontos)</b></p> $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ <p>8 toneladas: <math>8 \times 10^6\text{g}</math>; Massa Molar do <math>\text{NH}_3 = 17\text{g}</math>; Massa Molar do <math>\text{H}_2 = 2\text{g}</math></p> <p>Relação estequiométrica: 6g de <math>\text{H}_2</math> _____ 34g de <math>\text{NH}_3</math></p> <p style="text-align: right;">Xg necessário para se obter <math>8 \times 10^6\text{g}</math> de <math>\text{NH}_3</math></p> <p style="text-align: right;"><math>X = 1,4 \times 10^6 \text{ g de H}_2</math></p>

Fonte: Núcleo Permanente de Concursos, 2013.

Na avaliação do processo de correção, foi incluída análises da questão segundo critérios determinados pela Comperve. Os resultados dessa avaliação mostraram, na opinião dos examinadores que:

Na questão os estudantes deviam mostrar o conhecimento para integrar diferentes informações e interpretar a reação química como um sistema complexo. Observa-se por sua vez, que ao item b foi outorgado uma baixa pontuação. No quadro 19 se apresenta as análises da comperve para a questão 05.

Quadro 20 – Análise da quinta questão: Comperve

<p>1- Era uma questão considerada clara.</p> <p>Comentários dos examinadores: Os candidatos não demonstraram capacidade de relacionar os parâmetros conjuntamente, ficando claro que os mesmos ainda estudam estes conceitos de forma isolada;</p>
<p>2- Era uma questão de elevado grau de dificuldade</p> <p>Comentário dos examinadores: O grau de dificuldade está relacionado especialmente ao item B que exige interpretação dos candidatos e capacidades de relacionar os conceitos de cinética e equilíbrio químico através dos parâmetros termodinâmicos;</p> <p>2.1 Grau de dificuldade de cada um dos subitens: para o item A baixo, para o item B elevado e para o item C, baixo.</p> <p>Comentário dos examinadores: No item A, muitos candidatos responderam a questão apresentando apenas os conceitos, porém, não interpretaram os dados apresentados. No item B, como descrito acima, faltou capacidade de interpretação e de relação entre os conceitos e no item C, a maioria dos erros consistiu em falta de atenção.</p>
<p>1- Pertinência da questão em relação ao conteúdo e à forma de aborda-lo no Ensino Médio. Alta.</p> <p>Comentário dos examinadores: A questão mostra a necessidade de se trabalhar os conceitos de forma interligada, procurando explicar os fenômenos através de todas as variáveis que nele interferem conjuntamente, desconstruindo a ideia de que os conteúdos devem ser trabalhados isoladamente, como tradicionalmente se faz no Ensino Médio.</p>

Comentário dos examinadores: Muitas provas em branco, uma boa quantidade de termos difusos distribuídos no papel e uma pequena quantidade de provas com demonstração de conceitos, porém sem conseguir articulação entre os mesmos.

Fonte: Núcleo Permanente de Concursos, 2013.

Nas tabelas 14 e 15 aparecem os resultados do desempenho para todos os candidatos que responderam a questão 05 da prova de Química.

Tabela 14 – Proporção de 7310 candidatos segundo o desempenho

Notas	Quantidade	% de candidatos
Nota zero- 0	2649	36,2
0,01- 0,25	1729	23,7
0,26- 0,50	1655	22,6
0,51- 0,75	528	7,2
0,76- 1,0	749	10,2

Fonte: Núcleo Permanente de Concursos, 2013.

Tabela 15: Nota da questão discursiva número cinco

Nota da Questão 05 de Química	Nº de candidatos	(%)
0.0 - 0.1	3427	46.9%
0.1 - 0.2	1127	15.4%
0.2 - 0.3	749	10.2%
0.3 - 0.4	586	8.0%
0.4 - 0.5	547	7.5%
0.5 - 0.6	372	5.1%
0.6 - 0.7	291	4.0%
0.7 - 0.8	160	2.2%
0.8 - 0.9	46	0.6%
0.9 - 1.0	5	0.1%
<b>Total</b>	<b>7310</b>	<b>100.0%</b>
<b>Nota Média</b>	<b>0.21</b>	

Fonte: Núcleo Permanente de Concursos, 2013.

As tabelas 14 e 15 mostram o baixo desempenho dos estudantes na questão objeto de estudo. Se observa um número significativo de respostas com nota zero (36,2%), esses resultados correspondem com respostas em branco ou totalmente erradas. Só 17,4% dos candidatos obtém notas entre 0,51 e 1,0, por sua vez somente 1% com notas entre 0,9 e 1, sendo necessário destacar que segundo o relatório da Comperve, nenhum candidato obteve nota máxima, o que foi resultado essencialmente por não ter respondido o item b relacionado com a

compreensão de reação química como sistema complexo, que exigia da integração dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e Energia de ativação.

Em relação aos resultados, a avaliação dos examinadores foram:

Comentário dos examinadores: Item A- Falta de interpretação dos dados; Item B- Dificuldade de interpretar e relacionar os conceitos; Item C- Falta de conhecimento de estequiometria e falta de atenção.

Os professores examinadores da COMPERVE, por sua vez, fizeram uma análise dos resultados e de forma geral, sistematizaram os erros e dificuldades de aprendizagem, que na opinião deles, relacionam-se com os resultados obtidos

- 2- Erros mais frequentes dos candidatos em cada um dos subitens segundo os examinadores
  - A) Escrever os conceitos sem interpretar os dados ou erros nos conceitos parâmetros
  - B) Simples descrição dos conceitos, sem relacionar os mesmos, como pedido pela questão.
  - C) Cálculo errado da massa molar, erros básicos de matemática e falta de conhecimento de estequiometria.

Possíveis causas desses erros: No Ensino Médio não é trabalhado devidamente a interpretação e o relacionamento de informações.

Essas análises globais aproximam e dão sentido aos resultados no caso dos estudantes candidatos a uma vaga no curso de Licenciatura em Química.

### **7.3 As dificuldades e erros e relacionados aos parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e $E_a$ da reação química dos candidatos ao curso de Literatura em Química**

A questão 05 da prova, como apresentada na metodologia, avaliava o conhecimento dos estudantes em relação a reação química como sistema, assim como demandava a interpretação de cada parâmetro e sua integração. A síntese da amônia ( $\text{NH}_3$ ) é um exemplo típico, na Química, da necessidade de se ter uma perspectiva de sistema para resolver um problema da indústria Química.

A síntese da amônia foi desenvolvida pelo químico Fritz Haber durante a primeira guerra mundial devido ao bloqueio naval à Alemanha, imposto pelos ingleses que impedia a os alemães de chegarem as minas de salitre, reserva de nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ), a que consistia na época, a base da produção de fertilizantes e explosivos. Como naturalmente a amônia era produzida em pequenas quantidades, tornou-se um problema para os alemães a falta de matéria

prima para a produção dos seus produtos (GEPEQ 1993). Ampliar essa análise, e explicar a síntese do  $\text{NH}_3$  como problema científico.

Como foi mostrado no capítulo sobre erros e dificuldades de aprendizagem existe uma ampla literatura que discute essa situação relacionado as reações químicas, fundamentalmente, separando as dimensões necessárias para compreender a reação química. Essa forma de pesquisar, foi influenciada pela própria tradição da Química, dividida em campos especializados como: termodinâmica, orgânica, geral dentre outras.

Nos itens 7.3.1, 7.3.2, 7.3.3, 7.3.4 e 7.4.3 se discutem erros e dificuldades de aprendizagem dos candidatos ao curso de Licenciatura de Química da UFRN, no vestibular de 2013, num diálogo com outros estudos, o que permite situar o campo empírico nas experiências sistematizadas.

### 7.3.1 Dificuldades e erros relacionados com o parâmetro Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ).

Neste item interessa apresentar e discutir os resultados relacionados com a Energia Livre de Gibbs, sua variação ( $\Delta G^\circ$ ) como parâmetro termodinâmico que entra na compreensão de porquê ocorre uma reação química. A Tabela 16 apresenta a quantidade de estudantes segundo as categorias da interpretação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ).

Tabela 16 – Proporção de estudantes segundo o tipo de respostas para a interpretação da energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

<b>TIPOS DE RESPOSTA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
Correta	12	9,5%
Parcialmente correta	3	2,4%
Incorreta	73	57,9%
Em branco	38	30,2%
<b>TOTAL</b>	<b>126</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Pesquisa

A Energia Livre de Gibbs é um parâmetro termodinâmico cuja variação em determinadas condições de pressão e temperatura, diz respeito a espontaneidade da reação química em determinadas condições. Na reação química da síntese da amônia  $\text{NH}_{3(g)}$   $\Delta G^\circ < 0$ , o que significa que, nessas condições se trata de uma reação espontânea.

Na tabela 16 pode ser observado que só 9,5% respondem corretamente. A maior proporção dos estudantes responde de forma incorreta (57,9%) ou não respondem (30,2%). Dessa forma, pode-se falar de um desconhecimento pelos estudantes do significado do valor da variação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) na compreensão de uma reação química, ou seja, tem

dificuldade para reconhecer a síntese de amônia como um processo espontâneo nessas condições.

Para o caso das respostas parcialmente corretas e incorretas, foi feita a análise dos erros. A Tabela 17 apresenta os erros mais recorrentes dos estudantes na interpretação do parâmetro da variação da Variação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

Tabela 17 – Erros recorrentes na definição do conceito de Variação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

<b>ERRO EM RELAÇÃO A DEFINIÇÃO DO PARÂMETRO <math>\Delta G^\circ</math></b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
Confusão de $\Delta G^\circ$ com liberação de energia (reação exotérmica)	15	19,7%
Confusão de $\Delta G^\circ$ com temperatura da reação	10	13,2%
Confusão de $\Delta G^\circ$ com temperatura de ebulição	9	11,9%
Confusão de $\Delta G^\circ$ com Entropia da reação	6	7,9%
Confusão com o conceito de espontaneidade	10	13,2%
Atribuir ao $\Delta G^\circ$ um sentido cinético	38	50%

Fonte: A pesquisa

Dos estudantes analisados, 19,7% apresentaram como dificuldade a confusão entre a Variação de Energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) e a energia liberada em uma reação química (Processo exotérmico  $\Delta H < 0$ ). Raviolo e Aznar (2003) apresentam em sua pesquisa que os alunos confundem o conceito da Variação de Energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) e a Variação de entalpia ( $\Delta H$ ). A porcentagem de 7,9% das respostas com erro em que os estudantes confundem os conceitos da Variação de Energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) e o da Variação da entropia ( $\Delta S$ ). Outro erro recorrente nas respostas é de 13,2% das respostas se apresenta a confusão  $\Delta G^\circ$  com a temperatura da reação. Para 50% dos estudantes o Variação de Energia de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) é o grau de velocidade da reação.

Esses erros evidenciam uma dificuldade na aprendizagem dos conteúdos da termodinâmica, indicando que esse conteúdo deve ser considerado de alto grau de dificuldade.

Cohen e Ben-Zvi (1992) afirmam que os conceitos que causam confusão no ensino de Termoquímica envolvem a noção de que os processos químicos ocorrem com trocas de energia entre o sistema e o ambiente que o circunda, envolve também aspectos quantitativos, necessários a previsão da quantidade de energia absorvida ou liberada nas reações químicas.

Os conceitos de espontaneidade, extensão de uma reação, entropia e energia livre seriam apresentados de forma mais geral, menos fragmentado se esses conteúdos fossem tratados do ponto de vista termodinâmico (SABADINI, BIANCHI, 2007).

### 7.3.2 Dificuldades e erros relacionados com o valor da constante de equilíbrio ( $K_p$ )

A constante de equilíbrio ( $K_p$ ) é um parâmetro que caracteriza a extensão da reação química em condições de equilíbrio químico a uma dada  $T = 298,15$  e  $P=1$  atm o que evidencia um baixo rendimento da reação nessas condições. O estudo que se realiza sobre o equilíbrio químico possibilita analisar as condições que favorecem ou não uma dada reação química em equilíbrio, partindo do suposto, que teoricamente toda reação é de equilíbrio. No caso da síntese da amônia ( $\text{NH}_3(\text{g})$ ) o  $K_p < 1$  a T. Na tabela 18 apresenta-se a proporção de estudantes quanto a interpretação da Constante de Equilíbrio ( $K_p$ ).

Tabela 18 – Proporção de estudante segundo o tipo de resposta na interpretação da Constante de Equilíbrio ( $K_p$ )

TIPO DE RESPOSTA	QUANTIDADE	PORCENTAGEM
Correta	1	0,8%
Parcialmente correta	6	4,8%
Incorreta	69	54,7%
Em branco	50	39,7%
<b>TOTAL</b>	126	100,0%

Fonte: Pesquisa

Muitos professores de Química consideram que o equilíbrio químico é um dos temas mais complicados de ensinar (FINLEY *et. al.*, 1982; QUÍLEZ-PARDO, SOLAZ-POTALÉS, 1995; SOLOMONIDOU, STAVRIDOU, 2001; FURIÓ *et.al.*, 1993), e os alunos classificam este tema como um dos mais difíceis de aprender (BUTTS, SMITH, 1987; RAVIOLO, MARTÍNEZ, 2003; QUÍLEZ-PARDO, 2004).

Podemos observar que a maior proporção de estudantes interpreta de forma incorreta o sentido do  $K_p$  (54,7%), enquanto que 39,7% não responderam. Isso evidencia a dificuldade dos estudantes para interpretar o sentido desse parâmetro.

Uma pesquisa feita por Pereira (1990) afirma que os alunos já trazem consigo concepções e experiências relacionadas a ideia de equilíbrio químico, o que pode ocasionar dificuldades na aprendizagem desse conceito. Outro ponto discutido pelo autor é como esse tema é abordado dentro da sala de aula, o conteúdo do equilíbrio químico, seja do ponto de vista da cinética química ou pela mera execução mecânica de cálculos, esse estudo ocorre sem o estabelecimento de relações com os aspectos observáveis e mensuráveis.

Das análises das respostas dos estudantes foi possível identificar os erros mais relevantes em relação a interpretação do  $K_p$ . A tabela 19 apresenta os erros mais recorrentes na definição do parâmetro da constante de equilíbrio ( $K_p$ ).

Tabela 19 – Erros recorrentes na definição do conceito de constante de equilíbrio ( $K_p$ )

<b>ERRO EM RELAÇÃO AO SENTIDO DO PARÂMETRO (<math>K_p</math>)</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
Confusão de $K_p$ com Produto de solubilidade ( $K_{ps}$ )	16	36,5%
Confusão de $K_p$ com a “constante em termos de concentração”.	19	25,3%
Confusão de $K_p$ com espontaneidade da reação	3	4,0%
Confusão de $K_p$ com entalpia da reação ( $\Delta H$ )	2	2,7%
Confusão de $K_p$ com Energia de Ativação ( $E_a$ )	3	4,0%
Define a expressão do equilíbrio em termos de pressão, mas não relaciona com o rendimento	16	36,5%
Confusão de $K_p$ com Energia de cinética da reação	13	17,3%
Confusão com $K_p$ com a pressão da reação química	13	17,3%

Fonte: Pesquisa

A quantidade de 19 estudantes (25,3%), confundiram  $K_p$  com  $K_c$ , por ser a constante em termos da concentração o conceito mais trabalhado nos livros do Ensino Médio. A constante foi considerada em outras respostas como sendo a constante de solubilidade (36,5%), como a entalpia (2,7%) e Energia de ativação com 4% das respostas.

Observa-se também que 13 respostas (17,3%) afirmavam ser importante conhecer os parâmetros, por exemplo: “conceito importante para a velocidade da reação química”. Na mesma proporção as respostas como, “ $K_p$  é a pressão da reação química”, ajudam a reafirmar que o Equilíbrio Químico é um dos tópicos de maior complexidade no ensino de Química que exige níveis complexos para relacionar os níveis macro e micro da Química, e, sendo assim, esse conteúdo necessita de conhecimentos prévios e integrados de cinética, termoquímica e gases (QUÍLEZ-PARDO, SAN JOSÉ LOPES, 1995; RAVIOLO *et. al.*, 2000; HACKLING, GARNET, 1985; QUÍLEZ- PARDO, 1998, UEHARA,2005).

### 7.3.3 Dificuldades e erros relacionados com o valor da energia de ativação (E.a)

A dimensão cinética, ou seja, dinâmica da reação química é outro aspecto importante para se compreender a reação química. A velocidade de uma reação química tem suas dimensões externas e internas. O aspecto interno desse modelo está relacionado com as causas que lhes dão origem, por isso se elaboram modelos que explicam a relação entre a velocidade da reação química e os fatores das quais depende. Isso exige níveis crescentes de abstrações, pois se entra no micromundo com a análise no nível de partículas. A teoria das colisões, a energia da ativação e os mecanismos de reação, são modelos teóricos que ajudam a explicar da reação à energia de ativação da reação de síntese da amônia nas condições dadas.

No caso da síntese da  $\text{NH}_3(\text{g})$  nas condições dadas, a reação é lenta, o que explica –se por uma elevada energia de ativação na etapa lenta do mecanismo o que pode esclarecer o processo da transformação. Dessa forma, na prática um aumento de temperatura, pode contribuir com o aumento da velocidade, do ponto de vista cinético, por sua vez pode afetar as quantidades de produtos do ponto de vista termodinâmico e do equilíbrio químico. Isso pode ser pensado fazendo a reação acontecer na presença de um catalisador, a uma determinada temperatura.

Mortimer e Miranda (1995) afirmam que autores alertam para o fato do ensino de química privilegiar o uso de equações para a representação de reações químicas, ficando em segundo plano o estudo dos fenômenos envolvidos nas transformações químicas. Esta ênfase pode influenciar na manutenção de conceitos diferentes dos científicos, por parte dos alunos, que apresentam dificuldades em relacionar as transformações que ocorrem a nível fenomenológico com as explicações no nível atômico-molecular.

Na Tabela 20 mostra-se o desempenho dos estudantes em relação à interpretação da Energia de Ativação (E.A).

Tabela 20 – Proporção de estudante segundo o desempenho quanto a interpretação da Energia de Ativação (E.a.)

TIPO DE RESPOSTA	QUANTIDADE	PORCENTAGEM
Correta	13	10,3%
Parcialmente correta	12	9,5%
Incorreta	27	21,4 %
Em branco	74	58,8%
TOTAL	126	100,0%

Fonte: A pesquisa

Como se observa na Tabela 20 uma proporção significativa (58,8%) dos estudantes não respondeu a esse item, enquanto que 21,4% responderam de forma incorreta. Somente 10,3% dos estudantes conseguem associar o fenômeno da velocidade lenta com o conceito de energia

de ativação, com uma barreira a ser ultrapassada nas interações entre as partículas, segundo o modelo teórico correspondente.

Quando o aluno não assimila o conceito ele passa a ter dificuldades de aprendizagem e passa a cometer erros, e quando não resolvidos podem prejudicar o processo de ensino-aprendizagem, como nesse caso 21,4% dos alunos responderam de forma incorreta a o item, indicando a não compreensão do conceito.

Os erros dos estudantes quanto ao conceito de Energia de Ativação estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Erros recorrentes na definição da Energia de Ativação

<b>ERRO EM RELAÇÃO A DEFINIÇÃO DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO (E.A)</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
Confusão entre E.A ser a responsável pela velocidade da reação	8	20,5%
Confusão entre E.A. e a Variação da entalpia ( $\Delta H$ ) da reação	10	25,7%
Confusão entre E.A e a função do catalizador	7	17,9%
Confusão em a E.A ser o complexo ativado	3	7,7%
Confusão E.A e a constante de equilíbrio ( $K_p$ )	5	12,8%
Confusão E.A com a temperatura da reação	6	15,4%

Fonte: A pesquisa

A questão dos erros dos estudantes na compreensão da cinética química tem sido sistematicamente estudada. Em relação aos erros e dificuldades de aprendizagem sobre a energia de ativação autores como Cárdenas (2006); Childs e Sheeland (2009); Mortimer e Miranda (1995); Rosa e Schnetzler (1998); Talanquer (2006); Johnstone (1982, 1993, 2000); Ribeiro (2008); desenvolveram diferentes estudos. No caso das respostas dos estudantes de nossa pesquisa, constatamos que os erros mais frequentes dizem respeito a confusão da energia de ativação com a entalpia (25,7%), a energia de ativação ser a responsável pela velocidade da reação com 20,5% ou mesmo confundir a energia da ativação com a função de catalisador com 17,9%, o que coincide com os estudos dos autores anteriores.

Beltran (1997), constatou que muitos alunos manifestam a ideia de que em uma reação química todos os choques entre as moléculas ocorreriam com a mesma energia e ao se elevar a temperatura do sistema, todos os choques ocorreriam com maior energia, alcançando a energia do complexo ativado simultaneamente, apresentando assim, a concepção de simultaneidade. Esse problema, segundo o autor, foi devido às limitações do modelo simples de colisão entre partículas em que os alunos normalmente são submetidos, pois, não envolvem noções de

energia de ativação, estruturas espaciais e de orientações das partículas, conceitos que fazem parte de um modelo avançado, baseado na teoria do estado de transição, que inclui a quebra e formação de ligações entre as moléculas.

#### 7.3.4 Cálculo da massa de hidrogênio

A análise quantitativa da reação química representa um aspecto essencial para a sua compreensão. No Ensino Médio o aspecto quantitativo da reação química deve ser aprofundado de forma sistemática durante os seis semestres, em especial o cálculo baseado nas relações massa-massa, sobre a base da interpretação quantitativa. Não obstante como explicam Soares (2010) e Núñez (2012), a interpretação quantitativa de reações químicas é um aspecto no qual os estudantes apresentam significativas dificuldades de aprendizagem.

Nesse item da questão, os estudantes deviam calcular a quantidade de  $H_{2(g)}$  necessário para se obter 8 toneladas de  $NH_{3(g)}$ . A resposta exige estabelecer quantitativas entre as quantidades de substâncias e as massas dessas substâncias. A proporção está representada na tabela 22.

Tabela 22 – Proporção de estudantes segundo o cálculo estequiométrico

TIPOS DE RESPOSTA	QUANTIDADE	PORCENTAGEM
Correta	13	10.3%
Parcialmente correto	6	4.8%
Incorreta	67	53.2%
Em branco	40	31.7%
TOTAL	126	100.0%

Fonte: Pesquisa

A tabela 22 apresenta um percentual significativo de 53,2% de respostas incorretas e 31,7% deixaram em branco, ou seja 84% dos estudantes não mostram domínio desse conteúdo, para a questão do cálculo da massa de  $H_{2(g)}$  necessária na reação de síntese da  $NH_{3(g)}$  corroborando com as pesquisas de pesquisadores como Nurrenbern e Pickering (1987); Niaz e Lawson (1985); Jimoh (2005); Pozo e Gómez (2009); Paixão e Cachapuz (1988); Cárdenas (2006); Chastrette e Franco (1991); Matute, Pérez e Di`Bacco (2009); que afirmam ser a estequiometria um dos conteúdos mais complexos para o aluno do ensino médio por estar intensamente ligado ao cálculo e ao raciocínio matemático

Os erros mais frequentes dos estudantes ao realizar o cálculo estequiométrico podem ser observados na tabela 23.

Tabela 23 – Erros recorrentes em relação ao cálculo estequiométrico

RESPOSTAS	QUANTIDADES	PORCENTAGEM
Proporção incorreta utilizando mol e massa	2	2,7%
Proporção utilizando n° de Avogadro	3	4,1%
Não levou em consideração o número de mols do balanceamento da reação	6	8,2%
Erro na massa molar da substância	6	8,2%
Erro na manipulação da base dez	3	4,1%
Cálculo incorreto	14	19,2%
Erro na proporção apresentada	41	56,2%

Fonte: Pesquisa

No item c o percentual de 19,2% (14 estudantes) que erraram a questão por equívocos nos cálculos. Hartwing (1981) afirma que o que leva os alunos a ter muita dificuldade no cálculo estequiométrico é a falta de conhecimentos básicos de matemático, o que se confirma com esse resultado. O cálculo estequiométrico é um grande desafio para o Ensino Médio por se tratar de um conteúdo que se utiliza da linguagem matemática (aritmética e proporção), linguagem física (unidades de medidas do Sistema Internacional, SI) e a linguagem química (simbologia, grandezas e equações químicas) (PIO, 2006).

Na solução do item C da questão, o aspecto quantitativo exige que se estabeleça relações estequiométrica. Porém, dentre os estudantes, 5,5% indicam relações diretas entre as massas das espécies sem considerar os coeficientes e as atomicidades da equação química na conservação de mols. Assim como, 8,2% erraram ao fazer o cálculo da massa molar.

Na análise da questão 56.2% dos estudantes erraram na proporção e por essa razão, erraram a questão. A maioria dos alunos não compreendem como deve ser composta a proporção, dos 126 candidatos 41 teve dificuldade no raciocínio proporcional

Para Pozo e Gómez (2009), no Ensino Médio, os cálculos exigidos pela Química se constituem em dificuldade para os estudantes, por exigirem a aplicação do raciocínio proporcional.

Os resultados apresentados não se diferenciam substantivamente de outras pesquisas e estudos sobre as dificuldades de aprendizagem e erros dos estudantes sobre a reação química. O valor desses resultados confirma as tendências dos estudos para um dado contexto. Isso pode ser correlacionado com o fato de serem os erros dependentes de fatores como os métodos de ensino, e a própria natureza da Química, que provoca certos obstáculos epistemológicos na compreensão dos conteúdos na escola.

#### 7.4 Níveis de desenvolvimentos da habilidade de interpretar a reação química.

No item 7.3 da tese, foram discutidos os erros e dificuldades de aprendizagens dos estudantes em relação as dimensões que devem ser integradas para a compreensão de uma reação química como sistema complexo. Essa perspectiva dos estudos tem predominado nas pesquisas da Didática das Ciências Naturais e da Química.

Segundo o objetivo geral da tese, se propõe um estudo da compreensão da reação química de forma global, como um sistema complexo, o que não tem sido tradição na forma de se ensinar e de se pesquisar esse objeto de estudo da química e de seu ensino. Como foi apresentado anteriormente, só encontramos um estudo empírico nessa perspectiva (NÚÑEZ, 1992) e dois estudos teóricos (HEDESA, 2013; SANDERSON, 1968). Essa situação confere ao estudo um caráter de inovação

##### 7.4.1 Determinação dos níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema

A segunda questão da pesquisa, ou seja, determinar os níveis de desenvolvimento da habilidade de explicar a reação química, no caso da obtenção de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , como sistema, sugere uma forma específica de avaliar as respostas dos candidatos. Como foi discutido na metodologia, isso supõe privilegiar a dimensão qualitativa da avaliação. A forma de pontuar as respostas, de forma tradicional, como uma somatória de fragmentos, se assume o estabelecimento de qualidades nas respostas segundo o modelo de habilidade definido teoricamente, e que se corresponde com o nível 01. Dessa forma, foram estabelecidos níveis de qualidade que dizem respeito ao domínio pelos estudantes de uma visão sistêmica do objeto de estudo. Os níveis definidos são apresentados no quadro 21, sendo que no quadro 22 se mostra uma perspectiva menos detalhada dessas informações.

Quadro 21 – Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química (detalhado)

Nível	Critérios de classificação
1	Item a – o estudante responde corretamente o conceito de: $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e energia de ativação ( $E_a$ ). Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação ( $E_a$ ) para compreensão da reação química. Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio
2	Item a – o estudante responde corretamente dois dos significados: $\Delta G^\circ$ , $K_p$ ou energia de ativação ( $E_a$ ). Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de $\Delta G^\circ$ , de $K_p$ e energia de ativação ( $E_a$ ) para compreensão da reação química. Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio

Nível	Critérios de classificação
3	<p>Item a – o estudante responde corretamente dois dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio</p>
4	<p>Item a - o estudante responde corretamente dois dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b- apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio</p>
5	<p>Item a – o estudante responde corretamente um dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea)</p> <p>Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio</p>
6	<p>Item a – o estudante responde corretamente dois dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b – não apresenta na resposta a correta integração de forma sistêmica dos significados de <math>\Delta G^\circ</math>, de Kp e energia de ativação (Ea) para a ocorrência da reação química.</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio</p>
7	<p>Item a – o estudante não responde corretamente nenhum dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp e energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio.</p>
8	<p>Item a –) o estudante responde corretamente um dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b – não apresenta na resposta a correta integração de forma sistêmica dos significados de <math>\Delta G^\circ</math>, de Kp e energia de ativação (Ea) para a ocorrência da reação química</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio.</p>
9	<p>Item a- o estudante responde corretamente um dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, Kp ou energia de ativação (Ea).</p> <p>Item b – não apresenta na resposta a correta integração de forma sistêmica dos significados de <math>\Delta G^\circ</math>, de Kp e energia de ativação (Ea) para a ocorrência da reação química</p> <p>Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio</p>

Nível	Critérios de classificação
10	<p>Item a – o estudante não responde corretamente nenhum dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>).</p> <p>Item b – não apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de <math>\Delta G^\circ</math>, de <math>K_p</math> e energia de ativação para a ocorrência da reação química.</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio</p>
11	<p>Item a – o estudante não responde corretamente nenhum dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>).</p> <p>Item b – não apresenta na resposta a integração de forma sistêmica dos significados de <math>\Delta G^\circ</math>, de <math>K_p</math> e energia de ativação para a ocorrência da reação química.</p> <p>Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio</p>
12	<p>Item a – o estudante não responde corretamente nenhum dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>).</p> <p>Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – deixou em branco</p>
13	<p>Item a- Deixou em branco</p> <p>Item b – apresenta na resposta a integração de forma sistêmica de dois significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>) para a compreensão da reação química.</p> <p>Item c – calcula incorretamente a massa de hidrogênio</p>
14	<p>Item a o estudante não responde corretamente nenhum dos significados: <math>\Delta G^\circ</math>, <math>K_p</math> ou energia de ativação (<math>E_a</math>).</p> <p>Item b - deixou em branco</p> <p>Item c – deixou em branco</p>
15	<p>Item a- deixou em branco</p> <p>Item b- deixou em branco</p> <p>Item c – calcula corretamente a massa de hidrogênio</p>
16	<p>Item a- deixou em branco</p> <p>Item b- deixou em branco</p> <p>Item c – deixou em branco</p>

Fonte: A pesquisa

Quadro 22 – Níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reação química (resumido)

Nível	a) Interpretação de: $\Delta G^\circ$ , KP e EA	b) Integração de: $\Delta G^\circ$ , KP e EA	c) Cálculo da massa de H <sub>2</sub>
1	Tudo correto	Tudo correto	Tudo correto
2	Interpreta dois parâmetros corretamente	Tudo correto	Tudo correto
3	Interpreta dois parâmetros corretamente	Integra dois parâmetros corretamente	Tudo correto
4	Interpreta dois parâmetros corretamente	Integra dois parâmetros corretamente	Incorreto
5	Interpreta um parâmetro corretamente	Integra dois parâmetros corretamente	Tudo correto
6	Interpreta dois parâmetros corretamente	Incorreto	Tudo correto
7	Incorreto	Integra dois parâmetros corretamente	Incorreto
8	Interpreta um parâmetro corretamente	Incorreto	Tudo correto
9	Interpreta um parâmetro corretamente	Incorreto	Incorreto
10	Incorreto	Incorreto	Tudo correto
11	Incorreto	Incorreto	Incorreto
12	Incorreto	Integra dois parâmetros corretamente	Em branco
13	Em branco	Incorreto	Incorreto
14	Incorreto	Em branco	Em branco
15	Em branco	Em branco	Incorreto
16	Em branco	Em branco	Em branco

Fonte: A pesquisa

Nesses níveis, a diferença da avaliação quantitativa se integra às dimensões quantitativa, termodinâmica, cinética e do equilíbrio químico, se corresponde com um objetivo do estudo da química na educação básica, segundo as orientações curriculares para o ensino médio (BRASIL, 2012), e com a própria natureza da transformação das substâncias e dos materiais como objeto de estudo da química.

#### 7.4.2 Os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema complexo

Para responder a segunda questão de estudo, a qual se refere à determinação dos níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema, foram analisadas as respostas dos candidatos ao curso de licenciatura em Química segundo o protocolo estabelecido. Nesse protocolo, para analisar as respostas dos candidatos se usa a lógica da

avaliação qualitativa, que integra e expressa as qualidades das repostas. Ou seja, os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema complexo.

A Tabela 24 apresenta a porcentagem de estudantes nos diferentes níveis de desenvolvimento propostos pela pesquisa.

Tabela 24 – Proporção de estudantes segundo os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reação química

<b>NÍVEL</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
<b>1</b>	0	0.0%
<b>2</b>	0	0.0%
<b>3</b>	0	0.0%
<b>4</b>	0	0.0%
<b>5</b>	2	1.6%
<b>6</b>	2	1.6%
<b>7</b>	0	0.0%
<b>8</b>	3	2.4%
<b>9</b>	14	11.1%
<b>10</b>	2	1.6%
<b>11</b>	46	36.5%
<b>12</b>	1	0.8%
<b>13</b>	11	8.7%
<b>14</b>	8	6.3%
<b>15</b>	1	0.8%
<b>16</b>	36	28.6%
<b>TOTAL</b>	<b>126</b>	<b>100%</b>

Fonte: A pesquisa

Os resultados indicam que para os quatro primeiros níveis não houve nenhuma resposta que se corresponda com esses níveis. A ausência de estudantes nos níveis 1 e 2 evidencia que eles não se apoiam numa B.O.A. III que integra os aspectos da reação química para sua compreensão como sistema complexo. As respostas nesse sentido deviam evidenciar a capacidade dos estudantes para:

Quadro 23 – Invariante do modelo da ação

**Invariante Procedimental – Modelo da ação**

8. Determinar se a reação cumpre com as condições para a aplicação da BOA III;
9. Interpretar quantitativamente a reação química;
10. Interpretar as informações qualitativas da equação química;
11. Identificar e caracterizar os parâmetros termodinâmicos do processo;
  - 11.1 Explicar a influencia da temperatura na espontaneidade;
12. Identificar e caracterizar os parâmetros cinéticos do processo
  - 12.1 Determinar os fatores que favorecem ou não a reação química do ponto de vista cinético;
13. Identificar e caracterizar os parâmetros do equilíbrio
  - 13.1 Determinar os fatores que favorecem ou não o equilíbrio químico;
14. Integrar os parâmetros termodinâmicos, cinéticos e do equilíbrio e determinar as condições para a reação ocorrer ou não, assim como o que pode favorecer ou dificultar o processo.

Fonte: Núñez (1994)

Para os três níveis seguintes também não houve provas classificadas, o que nos indica um nível de conhecimento muito restrito relacionado a questão 05.

De igual forma não foram encontradas respostas correspondentes com os níveis 3 e 4 de desenvolvimento da habilidade no estudo, nos quais se desconhece o significado de um dos parâmetros.

O quantitativo de 36,5%, ou seja, 46 estudantes, não responderam nenhum item da questão com coerência se situando no nível 11, no qual não se conhecem os sentidos de  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e E.a, assim como, não integram os parâmetros para interpretar a reação química como sistema e não tem domínio do cálculo da massa de  $H_2$  necessária para se obter uma dada quantidade de  $NH_3$ .

Se observa, por sua vez, na tabela 24 que só aparecem dois estudantes no nível 5 e dois estudantes no nível 6, sendo esses os melhores resultados em relação ao conhecimento em estudo. Nesses níveis se evidenciam dificuldades na integração dos aspectos da reação química.

Outro resultado expressivo diz respeito ao nível 9, com 11,1% dos estudantes. Nesse nível só se tem domínio de um dos aspectos da reação química e não se integram os aspectos sob a perspectiva sistêmica. Porém, se calcula corretamente a massa do reagente solicitado

### 7.4.3 Dificuldades e erros relacionados com integração dos parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e $E_a$

O percentual de respostas dos estudantes quanto a integração dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$  é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 – Integração dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$

RESPOSTA	QUANTIDADE	PORCENTAGEM
Integrando os três parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e $E_a$ corretamente	0	0,0%
Integrando os três parâmetros incorretamente	32	25,4%
Integrando dois parâmetros $\Delta G^\circ$ e $K_p$	0	0,0%
Integrando dois parâmetros $\Delta G^\circ$ e $E_a$	4	3,2%
Integrando dois parâmetros $K_p$ e $E_a$	0	0,0%
Resposta em branco	90	71,4%
<b>TOTAL</b>	<b>126</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Pesquisa

A questão é de elevado nível de dificuldade para os estudantes considerando que nenhum conseguiu relacionar os três parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$ . Ela demanda de um conhecimento sistêmico do tema reação química, onde os parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$  fossem relacionados às condições de espontaneidade, rendimento e energia para a ocorrência das reações químicas nas condições citadas no problema.

Os estudos de Núñez (1994) com os estudantes da Engenharia Mecânica, do primeiro ano, ao estudar Química Geral mostraram que só aqueles que participaram num processo de formação da habilidade de interpretar reações químicas como um sistema complexo atingiram resultados positivos, que evidenciavam o domínio da habilidade na qual se integram os conceitos e modelos teóricos.

Os estudantes que participaram da formação apresentaram respostas que correspondiam a um pensamento sistêmico dialético, baseado numa B.O.A tipo III. Já os estudantes dos grupos controles não responderam segundo essa perspectiva, o pensamento era fragmentado sem possibilidade de atender à exigência da pergunta global, como tão pouco tiveram condições de aproveitar os níveis de ajuda.

Os resultados dos estudos de Núñez (1994) mostraram que o pensamento sistêmico dialético não se formava de forma espontânea, mas sim como um resultado de um processo que

foi planejado para esse propósito, segundo uma orientação do tipo III, e uma organização sistêmica dialética dos conteúdos.

O pensamento sistêmico dialético, como tem explicado Reshetova (1988) e Afanasiev (1979), supõe integrar as partes numa totalidade que apresenta novas características em relação as partes e revelar no sistema as contradições que articulam as dimensões funcionais e estruturais da habilidade.

A dimensão qualitativa do estudo exige de uma adequada explicitação dos sentidos que se atribuem aos dados, assim como, de forma de melhor representar e qualificar as informações. Nesse sentido se apresentam exemplos típicos de respostas que foram relacionadas com determinados níveis de desenvolvimento da habilidade.

Na figura 16 se apresenta um exemplo da resposta de um estudante do nível 5, em relação ao desenvolvimento da habilidade.

Figura 16 – Exemplo de resposta para o nível 5

a) Nessa reação:

$$3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}),$$

que está balanceada, ocorre um equilíbrio químico. O significado para o  $\Delta G$  (energia livre), é que esse  $\Delta G < 0$  (valor negativo), faz com que a reação seja espontânea, ~~sem gasto de energia~~, para ocorrer a reação. O  $K_p$  (constante de pressão) seja um valor menor que 1, ou seja, com uma pressão alta para compensar a alta temperatura. A energia de ativação serve para aumentar a velocidade da reação nos dois sentidos, direto ou inverso, através do uso de catalisador.

b) Porque para que uma reação ocorra, ela tem que ser espontânea ( $\Delta G < 0$ ) sem gasto de energia, precisa ter uma constante de pressão com valor baixo, precisa usar um catalisador para aumentar a energia de ativação da reação, em altas temperaturas.

c) A equação a seguir:

$$3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad X \cong 1,41\text{T}$$

para 8 toneladas de amônia ( $\text{NH}_3$ ), serão necessários 1,41 toneladas de Hidrogênio  $\text{H}_2(\text{g})$ .

$3\text{H}_2(\text{g})$	—	$2\text{NH}_3$
3 mol $\text{H}_2$	—	2 mol $\text{NH}_3$
3 · 2g $\text{H}_2$	—	2 · 17g $\text{NH}_3$
$X$ $\text{H}_2$	—	8T de $\text{NH}_3$

$$34X = 8 \cdot 6$$

$$X = \frac{48}{34}$$

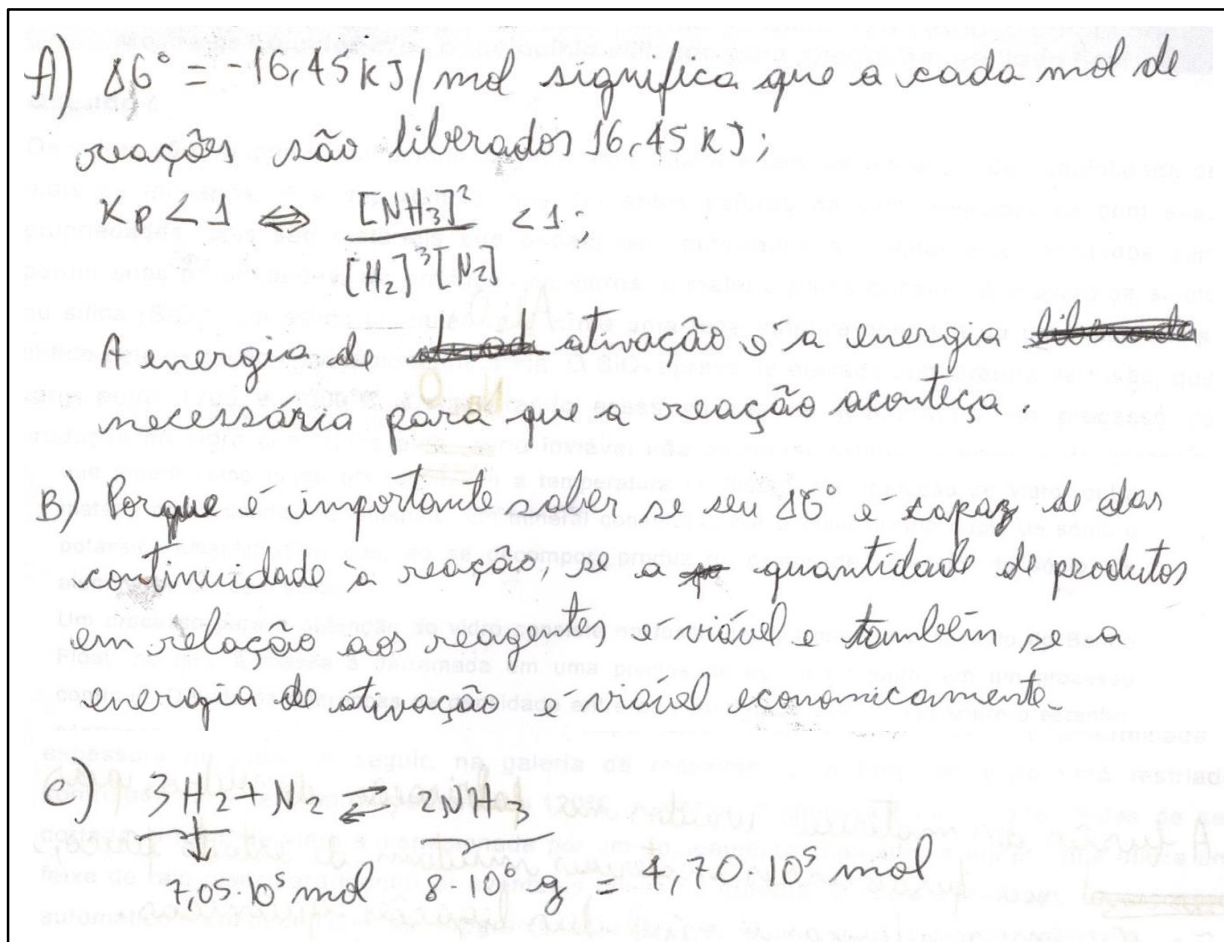
Fim do Espaço destinado à Resposta

Fonte: Comissão Permanente de Vestibular (Comperve, 2013)

A resposta apresentada exemplifica uma prova classificada no nível 05. Esse nível é importante pois é o maior nível que dois estudantes atingiram, já que nos quatro primeiros níveis não tivemos nenhuma resposta dos estudantes. No nível 05 o estudante respondeu corretamente somente um dos parâmetros, o significado da Energia Livre de Gibbs, quando expõe que a variação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ < 0$ ), indica que a reação é espontânea. No item b o estudante relacionou o caráter da espontaneidade com o valor baixo da constante de equilíbrio, indicando um rendimento alto para a reação. Se observa, no entanto, o desconhecimento das

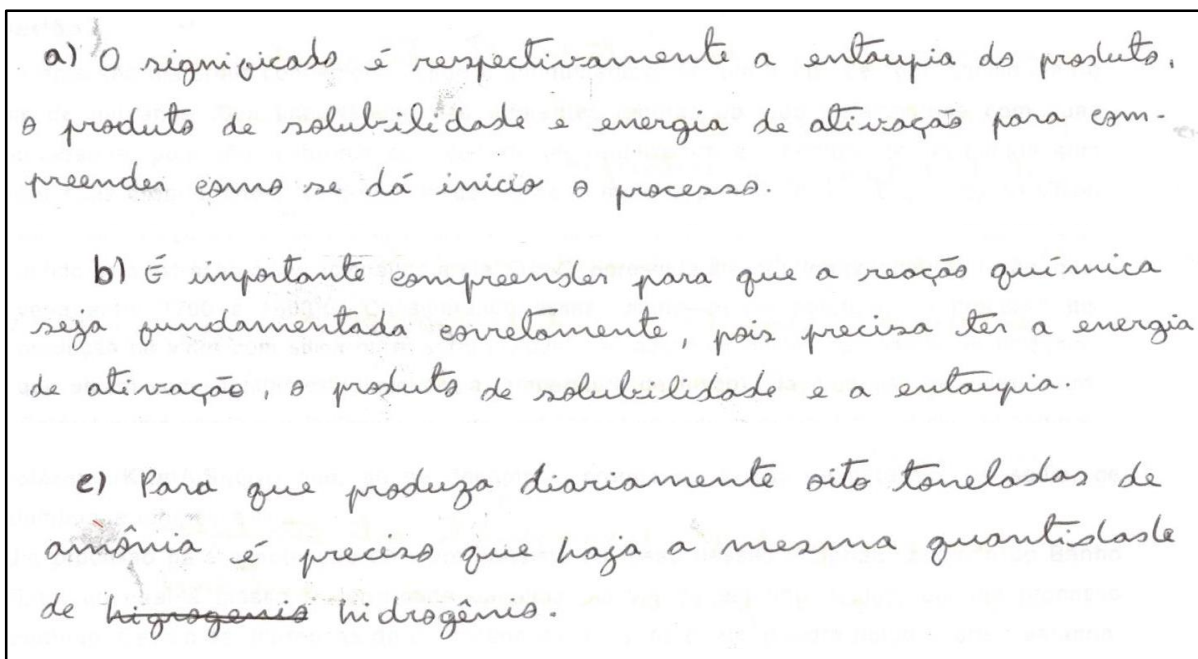
dimensões termodinâmicas da reação quando o estudante afirma que a reação não apresenta “gasto de energia”, assim como, erro quando se refere ao uso do catalisador para “aumentar a energia de ativação”. No item c o estudante representou corretamente a proporção solicitada bem como o cálculo. Na figura 17 apresenta-se um exemplo de resposta para o nível 9.

**Figura 17** - Exemplo de resposta para o nível 9



**Fonte:** Comissão Permanente de Vestibular (Comperve, 2013)

Essa prova exemplifica uma resposta classificada no nível 9. Esse nível foi considerado importante pois nele foram situadas 14 respostas. A questão apresentada mostra para o item (a), somente a definição da energia de ativação como conceito correto. Os itens (b) e (c) apresentaram-se incorretos. Já na figura 18, o exemplo corresponde a um nível de desenvolvimento 11

**Figura 18** – Exemplo de resposta para o nível 11

Fonte: Comissão Permanente de Vestibular (Comperve, 2013)

Essa questão exemplifica o nível 11 que também se apresentou com um número expressivo de respostas (46) ou seja 36,5%. Nesse nível foram classificadas aquelas respostas em que os estudantes tiveram todas as respostas equivocadas. O exemplo apresentado o estudante confundiu a Variação da Energia Livre de Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) com a Variação da entalpia ( $\Delta H$ ), a constante de equilíbrio ( $K_p$ ) com o produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ). No item (b) o estudante o estudante repete os conceitos apresentados no item (a) e não executa corretamente a proporção e o cálculo para o item (c). Um exemplo de resposta no nível 13 é mostrado na figura 19.

Figura 19 – Exemplo de resposta para o nível 13

Espaço destinado à Resposta da Questão 5

b) ΔG consiste na variação de energia impulsionada pela reação podendo ser exotérmica ou endotérmica, que no caso da questão há é exotérmica (libera energia) ~~em~~ sempre dada em KJ/mol, enquanto a energia de ativação consiste em uma ação intermediária de uma determinada reação química. Para saber a energia que foi gasta, ganha, ou que precisa obter, que na energia de ativação quanto ~~mais~~ mais rápida a energia de ativação mais rápida se torna uma reação, isso serve para não haver um desequilíbrio na quantidade de energia dos reagentes ou dos produtos, por isso é tão manipulada pelos industriais químicos.

c) No processo do exemplo 5 é usado a estequiometria, que serve para medir a quantidade de massa em proporções de acordo com o número de mol /; para isso é preciso ver se a equação está balanceada; se estiver que no caso da equação do exemplo 5 está podemos já iniciar com as relações de massa dada em proporções

$$\begin{array}{c}
 3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 \\
 \text{(g)} \quad \text{(g)} \quad \text{(g)} \\
 \begin{array}{ccc}
 \downarrow & & \downarrow \\
 1 \text{ mol H} & \rightarrow & 2 \text{ N} \\
 \times & & \\
 & & \downarrow \\
 & & 8 \text{ NH}_3 \text{ (mol)}
 \end{array}
 \end{array}$$

Fonte: Comissão Permanente de Vestibular (Comperve, 2013)

As respostas apresentadas exemplificam uma situação do nível 13. No nível 13 o estudante, deixou o item a em branco. Respondeu incorretamente todos os parâmetros solicitados, bem como a resolução do cálculo estequiométrico solicitado no item c. para a reação. No item c o estudante representou corretamente a proporção solicitada bem como o cálculo.

### 7.5 A opinião de professores de Química sobre o conhecimento dos estudantes para interpretar a reação química como sistema complexo.

O terceiro objetivo específico do estudo buscou conhecer a opinião de professores de Química, em relação aos resultados dos estudantes candidatos na questão 05 da prova do vestibular ao ano de 2013, ou seja, sobre o conhecimento dos estudantes para interpretar reações químicas como sistema complexo.

A opção de se procurar explicações pela via de entrevistas com os professores para os resultados em estudo, foi em decorrência do fato de não se ter encontrado em outros estudos

subsídios que permite criar hipóteses explicativas para a situação em questão. As respostas as perguntas das entrevistas, possibilitaram desenvolver novos argumentos em relação à tese da pesquisa.

Como foi apresentado na metodologia, foram entrevistados 07 professores, selecionados de acordo com critérios definidos. Durante as entrevistas individuais foram apresentados a cada professor os resultados de desempenho dos estudantes assim como foi permitido ler para lembrar a questão, bem como as informações da tabela 09, mostrada na metodologia. A primeira pergunta foi: Quais as razões que o senhor(a) atribui a esse baixo desempenho nessa questão?

Nos quadros 24 e 25 se mostram os fragmentos mais significativos das respostas dos sete professores entrevistados. O Quadro 24 apresenta fragmentos das respostas das entrevistas dos professores, PR, PC, PM, PMO, PF, PJ e PAP, abreviações essas que correspondem a cada professor e PQ para o pesquisador.

Na análise das respostas as perguntas da entrevista se procurou apreender significados nas falas dos entrevistados, interligados ao contexto em que se inserem e delimitado pelo marco teórico da pesquisa

Quadro 24 – Fragmentos de respostas dos professores para a primeira pergunta.

<b>PROFESSOR</b>	<b>Razões do baixo desempenho dos candidatos ao responder os itens a b e c da questão número cinco.</b>
<b>PR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ os alunos muitas vezes não têm efetivamente noção do que cada grandeza significa;</li> <li>➤ não entende o que o conceito significa;</li> <li>➤ dificuldade na compreensão do conceito;</li> <li>➤ dificuldade em relacionar os conceitos</li> </ul>
<b>PC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ em, então é um conceito muito vago...eles não compreendem;</li> <li>➤ a “coisa” é muito superficial;</li> <li>➤ o aluno não dá muita relevância a esse conceito de energia livre</li> </ul>
<b>PM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ falta uma aprendizagem significativa;</li> <li>➤ alunos têm dificuldades em responder porque está acostumado com resumo e fórmulas;</li> <li>➤ quando pegam uma questão contextualizada eles se perdem no entendimento;</li> </ul>
<b>PMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ currículo do Ensino Médio muito longo</li> <li>➤ os alunos não conseguem responder porque não têm essa visão;</li> <li>➤ estudam termoquímica...depois cinética...depois equilíbrio... e é assim os livros didáticos são assim;</li> </ul>
<b>PJ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ porque eles não gostam de química você sempre chega a questão da matemática</li> <li>➤ quando se vincula que ele vai aplicar uma fórmula e que requer cálculos matemáticos tem essa dificuldade</li> </ul>
<b>PF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ essa questão exige o conhecimento do significado desses parâmetros</li> </ul>

<b>PROFESSOR</b>	<b>Razões do baixo desempenho dos candidatos ao responder os itens a b e c da questão número cinco.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ eu creio que em sala de aula não é muito bem trabalhado a questão do significado e a relação entre eles</li> <li>➤ precisaria ser mais batido não somente resolves questões...tem que entender o que significa cada termo daquela conta</li> </ul>
<b>PAP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Segundo ponto que eu observo é que TODOS os livros de ensino médio (e para ser sincero alguns de ensino superior) ensinam equilíbrio e cinética completamente desatrelado da termodinâmica, um verdadeiro crime.</li> </ul>

Fonte: A pesquisa

As análises do discurso dos professores ao responder à questão, por sua vez possibilitou identificar as categorias de respostas mais significativas

Tabela 26 – Categoria de resposta na entrevista dos professores

<b>Categoria de resposta dos professores</b>	<b>Porcentagem</b>
Não têm o domínio do conceito de cada um dos parâmetros: $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e $E_a$	42,85%
Apresentam dificuldade em relacionar os parâmetros $\Delta G^\circ$ , $K_p$ e $E_a$ na compreensão de uma reação química porque não conseguem aprender	42,85%
Apresentam dificuldade na questão por ter dificuldade com o cálculo matemático	14,28%

Fonte: A pesquisa

Constatamos que nas respostas categorizadas que 42,85% dos professores consideram que os erros dos estudantes podem ser explicados pelas dificuldades para relacionar os parâmetros termodinâmicos, cinéticos e do equilíbrio químico, algo que não conseguem aprender. A mesma proporção afirma que os alunos não têm conhecimento dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$ . A proporção de 14,28% dos professores atribuem os erros e as dificuldades ao fator matemático.

Os professores como no caso do professor PAP reconhece esses conteúdos são ensinados de forma separada, sem articulação, o que não permite aos estudantes ter uma visão integral do sistema. Essas respostas se mostram a favor da tese que defendemos. Chama a atenção o fato dos professores não incluírem nas suas explicações fatores relacionados com a forma como se ensina esses conteúdos e com a sua natureza: modelos teóricos de grande nível de

No segundo momento da entrevista individual foram apresentados os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar reações químicas como sistema, explicando o sentido qualitativo de cada nível. Dessa forma, a pergunta formulada foi: Em sua opinião, quais razões atribui ao fato de não ter nenhum estudante nos níveis 1,2,3 e 4 os quais correspondem ao conhecimento para integrar os conteúdos que possibilitam a compreensão da reação química como sistema? O quadro 25 se apresenta fragmentos das respostas dos professores na tentativa de justificar o baixo rendimento dos estudantes.

Quadro 25 – Fragmentos de respostas dos professores para a segunda pergunta

PROFESSOR	<b>Razões para não encontrarmos nenhum candidato nos níveis 1,2,3 e 4 nos níveis de desenvolvimento para uma reação química como sistema</b>
<b>PR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ dificuldade que a gente vê é exatamente na, no entendimento efetivo do que o conceito significa</li> <li>➤ compreensão superficial de cada de cada grandeza</li> <li>➤ mas eles não conseguem estabelecer uma relação entre elas né?</li> <li>➤ a resposta pra isso é a dificuldade que o aluno tem de compreender efetivamente o que o conceito significa</li> </ul>
<b>PC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ a gente percebe é que os alunos não conseguem fazer associações (+)...cinética é cinética (+) (+) equilíbrio é equilíbrio</li> <li>➤ a gente não consegue fazer a relação entre dois assuntos imagine no ENEM que quer a relação entre outras disciplinas</li> </ul>
<b>PM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ o primeiro contato que eles tinham realmente com estequiometria e reações químicas eram no cursinho eles não chegavam a ver nada no ensino médio.</li> <li>➤ eu atribuo a falta realmente de estudo ou a questão de conteúdo mesmo do aluno...não buscou também..</li> </ul>
<b>PMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Porque, professora nosso aluno está acostumado a ver o assunto tudo esfacelado</li> <li>➤ fragmentado...cinética, cálculo estequiométrico equilíbrio...tudo separado</li> <li>➤ professor aprendeu assim e vai ensinar assim é muito complexo isso</li> </ul> <p> muito difícil o livro didático já trás o conteúdo assim como o aluno vai aprender diferente ?</p>
<b>PJ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ acredito que o nosso ensino é muito cartesiano;</li> <li>➤ então se vê as coisas muito separado;</li> <li>➤ quando que na universidade alguém relacionou termodinâmica...um delta G a um parâmetro de energia de ativação</li> <li>➤ eu não tive essa formação</li> </ul>

<b>PROFESSOR</b>	<b>Razões para não encontrarmos nenhum candidato nos níveis 1,2,3 e 4 nos níveis de desenvolvimento para uma reação química como sistema</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ e é essa formação que nós passamos para nosso aluno;</li> <li>➤ nosso aluno de ensino médio foi o mesmo que realizou esse exame então ele vê a coisa fragmentada</li> </ul>
<b>PF</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ desconhecimento completo do tema ou não sabiam responder</li> <li>➤ não viram o tema durante o período letivo. Se tiveram não deram tanta importância</li> </ul>
<b>PAP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ os alunos decoram uma série de causas-consequências sem compreender cineticamente e termodinamicamente o que ocorre no estado do equilíbrio</li> <li>➤ acredito que exista falha na fonte de informações;</li> <li>➤ questão muito linda...acredito que a “interdisciplinaridade” misturando termodinâmica, cinética e equilíbrio é completamente contrário ao ensino compartimentado que, infelizmente ainda é muito praticado em nosso país.</li> </ul>

Fonte: A pesquisa

Na tabela 27 se apresenta a proporção de estudantes por categorias organizadas a partir das respostas dos professores entrevistados.

As respostas foram por sua vez classificamos em quatro categorias: didática, conceitual e cognitiva como se mostra na tabela 27.

Tabela 27 – Porcentagem das categorias de respostas

<b>CATEGORIAS</b>	<b>PORCENTAGEM</b>
<b>DIDÁTICA</b>	57,14%
<b>CONCEITUAL</b>	57,14%
<b>COGNITIVA</b>	71,43%
<b>CÁLCULO MATEMÁTICO</b>	14,28%

Fonte: a pesquisa

➤ **Categoria didática do ensino dos conteúdos de:  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$**

A natureza didática relaciona-se à como se ensina já que o ensino é entendido como atividade direcionada por docente na formação qualificada dos discentes. Assim, alguns professores atribuíram o baixo rendimento a forma como o professor ensina os conteúdos de termoquímica, cinética e equilíbrio química, bem como os aspectos quantitativos de uma reação química, o que dificulta a aprendizagem do aluno, e mesmo a como eles aprenderam na universidade. Como se observa nos fragmentos das respostas dos professores do quadro 26.

Quadro 26 - Fragmentos das respostas para a categoria didática

Professor	Fragmento
<b>PJ</b>	quando que na universidade alguém relacionou termodinâmica...um $\Delta G^\circ$ a um parâmetro de energia de ativação?; eu não tive essa formação; [...]e é essa formação que nós passamos para nosso aluno;
<b>PC</b>	[...] então normalmente, de forma geral os professores vão dar esse assunto fazem de forma bem superficial o conceito, não deixam claro o que é o conceito, o que é energia livre..livre pra que serve? Então apenas aplicam a fórmula e dizem aos alunos se for negativo é espontâneo se for positivo não é espontâneo, então é um conceito muito vago.  [...] é muito raro o professor dar muitos detalhes em cima do $\Delta G^\circ$ , então tem a deficiência do ensino-aprendizagem nessa coisa, tem o menosprezo dos livros de segundo grau em cima desse tópico de energia livre, ta?
<b>PMO</b>	o próprio professor aprendeu assim e vai ensinar assim é muito complexo isso..muito difícil o livro didático já trás o conteúdo assim como o aluno vai aprender diferente?
<b>PF</b>	[...] eu creio que em sala de aula isso não é muito bem trabalhado, a questão do significado desses temas [...] que eu acredito que os professores se detem muito em resolver questões...fazer conta..fazer conta..só que para fazer conta a gente tem que entender o que significa cada termo daquela conta

Fonte: a pesquisa

### ➤ Categoria dificuldade conceitual do conteúdo

Essa categoria está relacionada à natureza do conteúdo conceitual. Foram incluídos nessa categoria as respostas dos professores que atribuíram ao baixo rendimento dos estudantes o grau de dificuldade elevado dos conteúdos de termodinâmica, cinética e equilíbrio químico.

Quadro 27 – Fragmentos das respostas para a categoria conceitual do conteúdo

Professor	Fragmento
PM	[...] então a palavra chave no meu caso... é que o aluno realmente isso não estava empregado no dia a dia dele, eh::: possivelmente essas decorebas tenham dificultado
PR	[...] que eu acho que esse é o grande problema que a gente tem, nessa questão a gente tem o item a e b que são itens mais difíceis e voce precisa dessa compreensão  [.] eu acho primeiramente a a dificuldade que a gente vê é exatamente na, no entendimento efetivo do que o conceito significa né? Então, por exemplo, ele sabe, muitas vezes, a expressão do delta G né? A expressão matemática do delta G, mas não consegue entender que o delta G significa, certo.
PMO	[...] o que eu penso é que nosso aluno ele tem um currículo no ensino medio muito loongo...estuda conteúdo que não vão servir para nada no seu dia a dia
PF	[...] grande parte trinta e seis alunos dos cento e vinte e seis, deixaram a questão em branco[.] ou não sabiam, se deixaram em branco é porque não sabiam

Fonte: a pesquisa

Como se observa, desta vez, os professores atribuem as dificuldades dos estudantes para integrar os conteúdos se relacionam com a natureza do conteúdo conceitual.

#### ➤ Categoria cognição do estudante

Nessa categoria incluiu-se as respostas dos professores que atribuíram o baixo rendimento na questão ao fato dos alunos não conseguirem aprender o conteúdo de estequiometria, termoquímica, cinética e equilíbrio químico. A não aprendizagem estaria diretamente ligada ao fator cognitivo do estudante. No quadro 28 se apresentam fragmentos das respostas dos professores em relação a essa categoria.

Quadro 28 – Fragmentos das respostas para a categoria cognição do estudante

Professor	Fragmento
PR	[...] eles têm uma certa capacidade de memorização mas não tem uma capacidade de entender o que os conceitos significam né.  [...] então eles tem muita dificuldade de compreensão  [...] alunos que pleiteavam o que? Química, e a gente percebe que esses alunos que pleiteiam química são alunos com nível cognitivo baixo isso também interfere na própria compreensão né mesmo ele gostando da disciplina ele não tem o nível cognitivo de outros alunos né?

<b>Professor</b>	<b>Fragmento</b>
	[...] acho que a maior preocupação que eu vejo, o problema maior é exatamente a dificuldade que eles têm de entender o conceito e de estabelecer relações ...
<b>PM</b>	para ser um curso de licenciatura em química, teoricamente vemos que são aqueles alunos que têm um conhecimento prévio sobre a química, o mínimo necessário para se chegar a licenciatura, e realmente é um fato muito impactante
<b>PAP</b>	Os alunos decoram uma série de causas - consequências sem compreender cineticamente e termodinamicamente o que ocorre com o estado de equilíbrio frente às possíveis ações.  ...que eu observo é que TODOS os livros de ensino médio (e para ser sincero, alguns de nível superior também) ensinam equilíbrio e cinética completamente desatrelado da termodinâmica, um verdadeiro crime.
<b>PC</b>	[...]o que a gente percebe é que os alunos não conseguem fazer associações (+)... cinética é cinética (+) (+) equilíbrio é equilíbrio.
<b>PF</b>	[...] em sala de aula isso não é muito bem trabalhado, a questão do significado desses temas , e a relação entre eles e a reação química, assim para que a reação química aconteça

Fonte : a pesquisa

Nas respostas dos professores, as explicações se referem as dimensões cognitivas dos estudantes. Como explicam Núñez e Ramalho (2012), muitos professores atribuem as dificuldades de aprendizagem aos estudantes, desconsiderando por sua vez outros fatores relevantes. Nessa categoria também estão os professores que na análise do discurso implicitamente responderam como se em suas aulas os conteúdos fossem tratados de forma sistêmica, inter-relacionando os conceitos quantitativos, termoquímicos, cinéticos e de equilíbrio químico, mas os alunos não conseguem fazer essas associações para compreender uma reação química como sistema. Nessa categoria os professores afirmam que tratam o conteúdo de forma integrada, mas os estudantes não conseguem estabelecer essas relações entre as ideias, isto é, não integram os conceitos.

### ➤ **Categoria Cálculo Matemático**

Foi incluído nessa categoria a resposta do professor que concluía que o candidato não teve um rendimento satisfatório pela questão conter cálculos matemáticos representado no quadro 29.

Quadro 29 – Fragmentos das respostas para a categoria cálculo matemático

Professor	Fragmento
PJ	<p>[...] por experiencia que eu tive e que tenho, sobre a questão ensino, atribui-se mais a questão matemática...</p> <p>[...]então todos rotulam que não gostam de química mediante a questão MA-TE-MÁ-TI-CA.</p> <p>[...] então tudo isso quando se vincula que ele vai aplicar uma fórmula e que a fórmula requer cálculos matemáticos, tem essa dificuldade de compreensão</p>

PC- A gente não consegue fazer a relação entre dois assuntos imagine no ENEM que quer a relação entre outras disciplinas. A gente tem um desafio muito grande, um desafio imenso.

A ausência relevante de alguns elementos importantes sobre a reação química como sistema, na fala dos professores durante as entrevistas. Nas falas dos professores em nenhuma se fez referência à natureza contraditória desse conteúdo, o que potencializa a compreensão dialética do sistema, como por exemplo: Por que se a reação química é espontânea,  $\Delta G^\circ < 0$ , isso não é suficiente para se caracterizar a ocorrência da reação, no sentido prático? Essas contradições podem estimular o pensamento dos estudantes.

### 7.5.1 Conclusão da análise do discurso

Percebe-se que os professores justificam o baixo rendimento dos estudantes principalmente ao fator cognitivo dos alunos, ou a falta de interesse pelo conteúdo. Verifica-se que nas falas dos professores não existem elementos integradores dos conteúdos, como temas geradores ou conceitos estruturantes. Assim se conclui que os professores não trabalham na perspectiva de integração dos conteúdos, o que leva os alunos a apresentarem dificuldades e cometerem erros relacionados ao conteúdo das reações química.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer dessa pesquisa, buscou-se investigar, identificar e caracterizar os erros e dificuldades na aprendizagem de reações químicas de estudantes, candidatos ao curso de licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande (UFRN) em 2013 quanto à compreensão de uma reação química como sistema complexo. O trabalho indica a importância dos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$  e  $E_a$  para a interpretação de uma reação química como sistema complexo. Investigou-se também a opinião de professores experientes no ensino de Química, que trabalhavam no Ensino Médio, a fim de conhecer suas opiniões a respeito do desempenho dos estudantes neste conteúdo.

Objetivou-se discutir a organização do conteúdo de reações químicas de forma a possibilitar o desenvolvimento do pensamento sistêmico por meio do enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural. Aponta-se neste estudo a necessidade de se construir novas estratégias didáticas que estejam mais em sintonia com as exigências e características da educação do século XXI.

O trabalho foi estruturado em três objetivos, os quais, permitiram levantar elementos que confirmassem ou refutassem a Tese.

O ensino da disciplina de Química não garante aos estudantes a compreensão das reações químicas como sistema complexo, o que exige de um ensino de conteúdos integrados, de forma sistêmica. Essa tese se constitui na busca de argumentos diversos que permitiram responder as questões de estudo, todas relacionadas com as dificuldades e erros de aprendizagens para se compreenderem as reações químicas como sistemas complexos, que são decorrências das formas de ensino e de organizar os conteúdos das disciplinas de Química na educação básica.

O primeiro objetivo procurou a compreensão das dificuldades e erros relacionados aos parâmetros  $\Delta G^\circ$ ,  $K_p$ ,  $E_a$  e ao cálculo de quantidade de substância na reação química de formação da amônia ( $\text{NH}_3(\text{g})$ ) a partir do  $\text{H}_2(\text{g})$  e do  $\text{N}_2(\text{g})$  nas condições de temperatura e pressão indicados na questão. O segundo objetivo buscou conhecer, nas respostas dos estudantes, os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar a reação química como sistema. O terceiro e último objetivo investigou a opinião de seis professores de Química do Ensino Médio quanto às razões pelas quais os estudantes cometem erros e têm dificuldades na compreensão das reações químicas como sistema.

Os resultados da análise do item B da questão indicaram que muitas dificuldades de compreensão dos conceitos químicos são decorrentes da fragmentação no ensino dos conceitos de termodinâmica, cinética e do equilíbrio químico e até mesmo aspectos qualitativos e

quantitativos que não se inter-relacionam para que o aluno tenha uma visão geral do como e do porquê uma reação química ocorre. Dentre os níveis de desenvolvimento da habilidade de interpretar uma reação química criados para o estudo, não foram encontradas respostas que se classificassem nos níveis 1, 2, 3 e 4. Dos 126 candidatos, 46 não obtiveram acertos nas respostas, cometendo erros em todos os itens da questão e, respectivamente, ficando com pontuação igual a zero. Fato que nos preocupa, pois a compreensão de reação química é um conceito chave para a aprendizagem da Química no Ensino Médio. Outro resultado que chamou a atenção foram os candidatos que entregaram a questão totalmente em branco, perfazendo um total de 36 candidatos. Esses resultados indicam que, em um total de 126 candidatos, 82 (65,1%) não receberam pontuação na prova, indicando um grande despreparo dos estudantes neste conteúdo.

As respostas dos professores indicam que os professores são conscientes das dificuldades e atribuem o baixo rendimento principalmente ao fator cognitivo dos estudantes. Alguns dos entrevistados afirmam que nas suas aulas os conteúdos são trabalhados de forma sistêmica, inter-relacionando os conceitos, mas os alunos não aprendem. O fator matemático também foi citado como obstáculo na aprendizagem.

Para uma nova abordagem ao tema, esta pesquisa indicou como possibilidade de organização do conteúdo a utilização do enfoque funcional-estrutural. Por meio do enfoque sistêmico dialético funcional-estrutural e a partir da diversidade de fenômenos particulares (reações químicas), o trabalho possibilitou propor a invariante de uma reação química como sistema, a invariante do modelo do objeto e a invariante do modelo da ação (invariante procedimental) baseado na B.O.A. tipo III. A pesquisa assume que a estruturação sistêmica dos conteúdos é um dos fatores que pode garantir o êxito da aprendizagem. Assim, os objetivos da tese foram atingidos, e constatamos a tese ser correta.

A tese traz contribuições significativas para se identificar e caracterizar os erros e dificuldades de aprendizagem e cuja finalidade é a compreensão de uma reação química como um sistema complexo, ou seja, não só a compreensão das dimensões da reação (qualitativa, quantitativa, energética, dinâmica e de extensão) como tradicionalmente se ensina e se pesquisa, mas sim, pela integração desses aspectos.

Dessa forma, a tese aporta resultados que podem contribuir a se pensar estratégias de ensino das reações químicas como sistemas complexos e o desenvolvimento do pensamento teórico.

## REFERENCIAS

- ACS, American Chemical Society. **Química un proyecto de la ACS**. Ed. Reverté: Barcelona, 2005.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. **Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias**. 1999. Tesis de maestría. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. Y.; GALAGOVSKY, L. Modelos científicos y modelos didácticos em la enseñanza de las ciencias naturales. Parte 1: Consideraciones Teóricas. **Memorias de la X REF**. Mar del Plata: Argentina, 1997
- AFANASIEV, V. El enfoque sistémico aplicado al conocimiento social. **Revista de Ciencias Sociales**, A. C. de la U.R.S.S, v. 35, n. 1, 1979.
- ALBERTI, V. **História oral: a experiência do CPDOC**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1990.
- ALDAZ, A. et al. **La Enseñanza de la Electroquímica**, 2005. Disponible em: <http://www.upct.es/electroquímica/MesaRedondaElectroquímica.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.
- ANDERSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. **Studies in Science Education**, v. 8, p. 53-85, 1990.
- APEC. Ação e Pesquisa em Ensino de Ciências. Por um novo currículo de ciências para as necessidades de nosso tempo. **Revista Presença Pedagógica**, v. 9, n. 51, p. 42-55, 2003.
- ARAGÃO, R. M. R.; COLL R. K. A mudança conceitual no processo ensino-aprendizagem de transformação química. Resumos da 14a. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Caxambú, ed. 19, 1991.
- ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. São Paulo: Papyrus, 1995.
- ATKINS, P. W. **Physical Chemistry**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de Química**. Porto alegre: Bookman, 2001.
- ATKINS, P. W.; PAULA J. **Physical Chemistry**. Edition, Oxford University Press, 2006.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. Educational psychology: a cognitive view. New York: Holt, **Rinehart and Winston**, 1978.
- AYYILDIZ L.; TARHAN L. The effective concepts on students' understanding of chemical reactions and energy. **H. U. Journal of Education**, v. 42, p. 72-83, 2012.
- AZCONA, R. **Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Una alternativa didáctica basada en el aprendizaje por investigación**. 1997. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco, San Sebastián, España, 1997.

AZCONA, R. et al. ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos, **Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v. 40, p. 7-17, 2004.

BACHELARD, G. **Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009.

BARKER, V. **Beyond appearances**: students' misconceptions about basic chemical ideas. A report prepared for the Royal Society of Chemistry, 2001.

BARROS, H. L. C. **Processos endotérmicos e exotérmicos**: uma visão atômico molecular. QNEsc, v. 31, n. 4, p. 241-245, 2009.

BAUER, M.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**: um manual prático. Petrópolis: Vozes, 2002.

BELTRAN, N. O. **Ideias em movimento**. Química Nova na Escola, n. 5, p. 14-17, 1997.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? **Journal of Chemical Education**, v. 63, p. 64-66, 1986.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. et. al. Students' visualization of a chemical reaction. **Education in Chemistry**, p. 117-120. 1987.

BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Theories, principles and laws. **Education in Chemistry**, p. 89-92, 1988.

BLISS, J.; OGBORN, J. Children's choices of uses of energy. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 2, p. 195-203, 1985.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 12 ed. Porto: Porto, 2003.

BOJEZUK K. M. Topic difficulty in O-level and A-level Chemistry. **School Science Review**, v. 82, p. 545-51, 1982.

BRADY J.E; HUMISTON G. E. **Química Geral**. Trad. 2.ed. SANTOS, C. M. P.; FARIA, R. B., v. 1 e 2. [LTC Editora](#), 1986.

BRADY, T. F.; KONKLE, T.; ALVAREZ, G. A. Compression in visual short-term memory: using statistical regularities to form more efficient memory representations. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 138, n. 4, p. 487-502, 2009.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM)**. Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Projeto de Lei nº 4.155/1998, que aprova o **Plano Nacional de Educação**. Redação final na Comissão de Educação, Cultura e Desporto, aprovado em 15/12/1999. Online, <http://www.camara.gov.br>, 2000.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC, 2002a.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002b.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. v. 2, Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília: INEP/MEC, 2009.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2013.

BROOK, A.; DRIVER, R. **Aspects of secondary students' understanding of energy**. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. The University of Leeds, 1984.

BROWN, J. S.; COLLINS, A.; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. **Educational Researcher**, v.18, p. 32-42, 1989.

BULWIK, M. Formación docente continua: más que una necesidad. **Educación Química**, v. 11, n. 3, 2000.

BUTTS, B.; SMITH, R. What do students perceive as difficult in H.S.C. Chemistry? **The Australian Science Teachers's Journal**, v. 32, p. 45-51, 1987.

CAAMAÑO, A. **Concepcions dels alumnes sobre la composició i estructura de la matèria i sobre el canvi químic**. 1994. Tesis doctoral. Barcelona. Facultad de Químicas. Universidad de Barcelona.

CAAMAÑO A. Los trabajos prácticos en Ciencias. In: Caamaño A. et al. eds. **Enseñar ciències**. Barcelona: Graó. p. 95-118. 2003.

CAAMAÑO, A. Retos del curriculum de Química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de Química en los curriculum de Inglaterra, Portugal, França e España. **Educación Química**. v. 17, p. 195-208, 2006.

CAAMAÑO, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (Coord.) et al. **Enseñar Ciencias**. Barcelona: GRAÓ, p. 95- 118, 2007.

CABRAL, A. C. A análise do discurso como estratégia de pesquisa no campo da administração: um olhar inicial. In: EnANPAD, 23, 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR: ANPAD, 1999.

CACHAPUZ, A. F. A new road to reactions, part II. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 8, p. 648-649, 1985.

CACHAPUZ, A. F. A new road to reactions, part III. **Journal of Chemical Education**, v. 63, n. 11, p. 972-974, 1986.

CACHAPUZ, A. F.; MARTINS, I.P. **Language in Chemistry learning**: a study of pupils' conceptions of acid/ base reactions. Artigo de circulação interna, 1988.

CACHAPUZ, A. F. e col. **Misconceptions in high school chemistry**: how in a chemical reaction some reactants may be more important than others. Paper apresentado em The 10th Biennial Conference on Chemical Education, West Lafayette; Purdue University, 1988.

CAKMAKCI, G.; DONNELLY, J.; LEACH, J. A crosssectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and undergraduate students. In: Boersma, K. et al. (Eds.). **Research and the Quality of Science Education**. Dordrecht: Springer. 2005.

CAPRA F. A teia da vida. **Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1999.

CAPRA, F. Falando a linguagem da natureza: Princípios da sustentabilidade. In: STONE, M. K.; BARLOW, Z. (orgs.). **Alfabetização Ecológica**: a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006, p. 46-57.

CAMEL, N. J.; PACCA, J. L. As concepções da condução elétrica e o funcionamento da pilha, 2004, **Anais... IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**. Jaboticatubas, MG. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0167-1.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2015.

CARBONELL, F.; FURIÓ, C., Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial de las reacciones químicas, **Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 3-9, 1987.

CÁRDENAS F. A. Dificultades de aprendizaje em química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 333-346, 2006.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Analisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. **Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 2, n. 2, p. 183-208, 2005.

CHANG, R. **Química**. 6 ed. México: McGrawHill, 1999.

CHASSOT A. **Alfabetização Científica**: questões e desafio para a educação. Ijuí: Ed. Unijuí 2003.

CHASTRETTE, M. Y.; FRANCO, M. La Reacción Química: Descripciones e Interpretaciones de los alumnos del Liceo, **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 243-247, 1991.

CHILDS P. E.; SHEEHAN M. What's difficult about chemistry? An Irish perspective, **Chem. Educ. Res. Pract.**, 2009.

CIRINO, M. M. Obstáculos relacionados à aprendizagem significativa de “Reações químicas” e “Estrutura da Matéria” no Ensino Médio. In: 1º CPEQUI – 1º CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 2009, Londrina. **Anais...** Londrina, 2009.

COELHO L. M. **Microbiologia e cinética de sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluentes de reator anaeróbico de leito expandido**. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento.

COHEN, I.; BEN-ZVI, R. Improving student achievement in the topic of chemical energy by implementing new learning materials and strategies. **International Journal of Science Education**, v. 14, p. 147-156, 1992.

COLL, C. **Psicologia e Currículo**, São Paulo: Ática, 1996.

COSTA, V. L. P. **Função social da escola**. Disponível em: [www.drearaguaina.com.br/projetos/funcao\\_social\\_escola.pdf](http://www.drearaguaina.com.br/projetos/funcao_social_escola.pdf). Acesso em: 23 mar. 2015.

COVOLAN, S. C. T.; SILVA, D. A entropia no ensino médio: utilizando concepções prévias dos estudantes e aspectos da evolução do conceito. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005.

CROCKER, L.; ALGINA, J. **Introduction to Classical and Modern Test Theory**, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers: Philadelphia, 1986.

DAVYDOV, V. V. **Tipos de generalización en la enseñanza**. Havana: Pueblo y educación. 1982.

DAVIDOV, V. V. Los Principios de la Enseñanza en la Escuela del Futuro. In: LLIASOV, I. I.; LLAUDIS V. Ya. (Ed) **Antología de la Psicología Pedagógica y de las Edades**. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1986.

DAVIDOV, V. V. **La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico**: investigación psicológica teórica y experimental. Trad. Marta Shuare. Moscou: Editorial progreso. 1988.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. São Paulo: Cortez, p. 365, 2002.

DELORS, J. (Coord.). **Educação**: um tesouro a descobrir. São Paulo/Brasília: Cortez/Unesco/MEC, 1998.

DELVAL, J. **Aprender na vida e aprender na escola**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

DE MANUEL, T. E. Una prueba objetiva para comprobar qué modelo de generador electroquímico manejan los alumnos universitarios de química. **Enseñanza de las Ciencias**. n. Extra. V Congreso, p. 197-198, 1997.

DeVAULT, M. L. Talking and listening from women's standpoints: Feminist strategies for interviewing and analysis. **Social Problems**, v. 37, n. 1, p. 96-116, 1990.

DEVELAY, M. **Contribution à la definition d'un modele de formation initiale des instituteurs en activitesd'veil biologique**. 1983. Tesis doctoral. Universidad de ParísVII.

DE VOS, W.; VERDONK, A. H. A new road to reactions, part I. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 3, p. 238-240, 1985.

DOMÍNGUEZ, J. M et al. Esquemas conceptuales de los alumnos de secundaria sobre el modelo de partícula de la materia. In: BANET, E; PRO, A. **Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias**, v. II. Lleida:DM, 1998.

DRIVER, R. Students Conceptions and the learning of science. **International Journal of Science Education**, v.11, n.5, p. 481-490, 1989.

DRIVER, R. *et al.* Construindo o conhecimento científico na sala de aula. **Química na Nova na Escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, 1999.

DUARTE, R. **Entrevistas em pesquisas qualitativas**. Educar, Curitiba: Editora UFPR, n. 24, p. 213-225, 2004.

DUNCAN, I. M.; JOHNSTONE, A. H., The mole concept in chemistry. **Education in Chemistry**, v. 10, p. 213, 1973.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**. Universidad Del Valle, Instituto de Educación y Pedagogia, Colombia, 1999.

DUVAL, R. Registros e representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus, 2003, p. 11 - 34.

ECHEVERRÍA, A. R. **Dimensão empírico teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito soluções no ensino médio**. 1993. Tese de doutorado. Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, 1996.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. **Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual**, 2002. Disponível em: [www.fae.ufmg.br/ensaio/v4-n1/4113.pdf](http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v4-n1/4113.pdf). Acesso em: 20 mar. 2015.

ENGELHARDT, P.; BEICHNU, R. Students understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics**, v. 72, p. 98-115, 2004.

ERDURAN, S.; SCERRI, E. The Nature of Chemical Knowledge and Chemical Education. In: GILBERT, J. et. al. (ed.), **Chemical Education: Towards Research-Based Practice**, p. 7- 28, 2002.

ESTEVES, E.; COIMBRA, M.; MARTINS, P. A Aprendizagem da Física e Química Baseada na Resolução de Problemas: um Estudo Centrado na Sub-unidade Temática “Ozono na Estratosfera, 10º ano. 2006. In: COSTA, L. et al. (Coords.). **Anais... XIX Congresso Enciga (CD-Rom)**. Póvoa de Varzim: Escola Secundária Eça de Queirós, 2006.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG D. H.; ROCHA-FILHO R. C. Algumas Experiências Simples Envolvendo o Princípio de Le Chatelier. **Química Nova na Escola**. v.5, p. 28-31, 2007.

FILHO J. R. F.; CELESTINO R. M. C. S. Investigação da construção do conceito de reação química a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. **Ciências & Cognição**, v.15, n. 1, p. 187-198, 2010.

FILHO, D. A. B; IMBERNOM, R. A. L.; NETTO, S. M., UNIBAN (Universidade Bandeirante de São Paulo). Disponível em: <http://www.wcorpsa.com/arquivos/uniban/1-ano/quimica/QGT7.pdf>. Acesso em: 01 mar 2015.

FINCH, J. É ótimo ter alguém com quem conversar: A Ética e Política Entrevista de Mulheres. In: BELL, C.; ROBERTS, H. (eds) **Pesquisando social Política, Problemas, Prática**. London: Routledge e Kegan Paul, 1984.

FINLEY, F. N.; STEWART, J.; YARROCH, W. L. Teacher's perceptions of important and difficult science content. **Science Education**, v. 66, n. 4, p. 531-538, 1982.

FINZI, S. N.; PAIVA, A. G.; FALJONI-ALARIO, A. Um estudo sobre as concepções de um grupo de estudantes a respeito de transformações químicas. **Anais... V ENPEC – Nº 5**, 2005.

FLICK U. Na **Introduction to Qualitative Research**. 3 ed., London: Sage 2006.

FURIÓ, C.; BUESO A.; MANS C. Interpretación de las reacciones de oxidación-reducción por los estudiantes: primeros resultados. [Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas](#), v. 6, n. 3, p. 244-250, 1988.

FURIÓ, C.; CALATAYUD, M. L.; BÁRCENAS, S. L.; PADILHA, O. M. Functional fixedness and functional reduction as common sense reasoning in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. **Science Education**, v. 84, n. 5, 2000.

FURIÓ C.; DOMÍNGUEZ, M. C. Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 2, p. 241-258, 2007.

FURIÓ, C.; FURIÓ, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. **Educación Química**. 2000.

FURIÓ, C.; HERNÁNDEZ, J.; HARRIS, Parallels between adolescents' conception of gases and the history of Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 64, n. 7, p. 617-618, 1987.

FURIÓ, C. et al. Difficulties in teaching the concepts of amount of substance and mole. **International Journal of Science Education**, v. 22, p. 1285-1304, 2000.

GABEL, D.; BRINER, D.; HAINES, D. Modeling with magnets – A unified approach to chemistry problem solving. **The Science Teacher March**, p. 58-63, 1992.

GABEL, D. Use of particle nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 193-194, 1993.

GABEL D. The complexity of chemistry and its implications for teaching. In: FRASER, B.; TOBIN, K. (Eds). **International handbook of science education**. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer, 1998.

GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? **Enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 247-259, 2006.

GARCIA, J. P. et al. Ideas de los alumnos acerca del mol. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 111-119. 1990.

GALAGOVSKY, L. et al. Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto Reacción Química a partir del Concepto de Mezcla, **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 1, p. 107-121, 2003.

GALAGOVSKY, L. Enseñanza vs. aprendizaje de las Ciencias Naturales: El papel de los lenguajes y su impacto en la comunicación entre estudiantes y docentes. **Episteme, Tecné y Didaxis**, número extra, p. 66-87, 2007.

GALAGOVSKY, L. et al. (comp.) ¿Qué tienen de “naturales” las Ciencias Naturales? **Colección Las Ciencias Naturales y su Enseñanza**. Buenos Aires: Biblos, 2008.

GALAGOVSKY, L.; ADURIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**. v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GALAGOVSKY, L.; BEKERMAN, D., La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 952-975, 2009.

GALPERIN, P. Ya. **Introducción a la psicología**. Un enfoque dialéctico. Madrid: Pablo del Rio - Editor, S.A. 1979.

GALPERIN, P. Ya. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: IIIASOV, I.I.; LIAUDIS, V. Ya. **Antología de la Psicología Pedagógica y de las Edades**. La Habana, Pueblo y Educación, 1986.

GALPERIN, P. Ya. Acerca del lenguaje interno. In: ROJAS, L. Q. (comp.) **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001a.

GALPERIN, P. Ya. La dirección del proceso de aprendizaje. In: ROJAS, L. Q. (comp.). **La formación de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala. 2001b.

GARNETT, P. J.; GARNETT, P. J.; HACKLING, M. W. **Studies in Science Education**, 1995.

GARNETT, P. J; HACKLING, M. W. Student's alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. **Studies in Science**, n. 25, 1985.

GEERTZ.C. **La interpretación de las culturas**. Barcelona, Gedisa.1987.

GEPEQ. **Interações e transformações I**: elaborando conceitos sobre transformações químicas. São Paulo: Edusp, 1993.

GEPEQ. **Interações e transformações**: elaborando conceitos sobre transformações químicas. 5. ed. Química Ensino Médio. São Paulo: EDUSP, 1999.

GILBERT, J. K.; WATTS, D. M. Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. **Studies in Science Education**, v. 10, p. 61-98, 1983.

GILLESPIE, R. et al. **Atoms, molecules and reactions**. An introduction to chemistry, Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall, 1994.

GIORDAN, A.; DEL VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GLASER, R. Las Ciencias Cognoscitivas y la educación. **Revista Internacional de Ciencias Sociales**, 1988.

GÓMEZ, A. I. P. La naturaleza de las competencias básicas y sus implicaciones pedagógicas. **Cuadernos de Educación de Cantabria**. Cantabria: Edita Consejería de Educación de Cantabria, 2007.

GÓMEZ, C. M. A.; POZO J. I.; SANZ A. Students' ideas on conservation of matter: effects of expertise and context variables. **Science Education**, v. 79, n. 1, p. 77–93, 1995.

GONZÁLEZ, R. F. O sujeito que aprende: desafios do desenvolvimento do tema da aprendizagem na psicologia e na prática pedagógica. In: TACCA, M. C. V. R. (org). **Aprendizagem e trabalho pedagógico**. Campinas, SP: Alínea, 2006.

GORODETSKY, M.; GUSSARSKY, E. Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. **European Journal of Science Education**, v. 8, p. 427-441, 1986.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da Física e da Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, 2005.

GRIFFITHS K. A.; PRESTON R. K. Grade-12 students misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, p. 611-628, 1992.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Avanços e retrocessos dos alunos no campo conceitual da Termodinâmica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.1, p. 23-46, 2008.

GUTIÉRREZ, D. Fundamentos teóricos para el estudio de las estrategias cognitivas y metacognitivas. **Revista de Universidad Pedagógica de Durango**, n. 4, 2006.

HACKLING, M. W.; GARNETT, P. J. Misconceptions of chemical equilibrium. **European Journal of Science Education**, v. 7, n. 2, 1985.

HAMBURGER, E. W. et al. **O ensino de ciências e a educação básica**. Propostas para Superar a Crise. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2008.

HAPKIEWICZ, A. Clarifying chemical bonding: overcoming our misconceptions. **The Science Teacher**, v. 58, n. 3, p. 24-27, 1991.

HARTWING, D. R. **Componentes metodológicos como estratégia para a aprendizagem significativa no ensino de química**. 1991. 265 f, Dissertação (Mestrado em Química). Universidade estadual de Campinas. Campinas.

HEDESA, Y. P. **Didáctica de la Química**. La Habana: Editorial Puebla y Educación, 2013.

HENRY, M. **Didactique de mathématiques**. Une presentation de la didactique en la formation des enseignants. IREM de Besançon, 1991.

HERRERA Y. T. U. **Uso de las analogias como una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de reaccion química**. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Exactas, 2012.

HESSE, J.; ANDERSON, C. Student's conceptions of chemical change. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 3, p. 277-299, 1992.

HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. **School Science Review**, v. 22, p. 85-142, 1993.

HORTA R. T. **Didática geral**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

IGLESIAS, A.; OLIVA, J. M.; ROSADO, L. Las interacciones entre estudiantes en el trabajo en grupos y la construcción del modelo corpuscular de la materia y el principio de conservación de la masa. **Investigación en la Escuela**, v. 12, p. 57-67, 1990.

IZQUIERDO, A. M. **Um nuevo enfoque de la enseñanza de la química**: contextualizar y modelar. J. Argent. v. 92, p.115-136, 2004.

IZQUIERDO A. M. Hacia una teoría de los contenidos escolares. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 23, n. 1, 2005.

JACQUES, V.; ALVES FILHO, J. P. **O conceito de energia**: os livros didáticos e as concepções alternativas. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.

JENSEN, B. W. Representação das reações químicas **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 6, p. 679-687, 1998.

JIMÉNEZ, M. B. **Psicología de la personalidad**: procesos. Madrid: Thomson, 2007.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. J. *et al.* **Enseñar ciências**. Barcelona: Ed. Graó, 2 ed., 2007.

JIMOH, A. T. Perception of Difficult topics in Chemistry curriculum by students in Nigeria Secondary Schools, **Ilorin Journal of Education**, v. 24, p. 71-78, 2005.

JOHNSTONE, A. H., et al., A thermodynamic approach to chemical equilibrium. **Physics Education**, v. 12, p. 248-251, 1977.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro chemistry. **School Science Review**, v. 64, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal Computer Assisted Learning**, v. 7, p 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: Achanging response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p.701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: research and practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9 – 15, 2000.

JOHNSTONE A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, 2006.

JOHNSTONE, A. H.; MACDONALD, J.; WEBB, G. Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. **Education in Chemistry**, v. 14, p. 169-171, 1977.

JUSTI, R.S.; RUAS, R. M. Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento?. **Química Nova na Escola**, n. 5, 1997.

KEMPA, R. Students learning difficulties in science: causes and possible remedies. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 2, p. 119-128, 1991.

KERMEN, I.; MÉHEUT, M. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 10, p. 24-34. 2009.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, S. S. Um estudo a respeito das concepções alternativas sobre calor e temperatura. **Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 84-96, 2002.

KOSMA R.; RUSSEL, J. Students becoming chemist: Developing representational competence. In: GILBERT, J. (Ed.). **Visualization in science education**, p. 121-146. London: Kluwer, 2005.

KOTZ, J. C.; TREICHEL J., Paul M. **Química Geral e Reações Químicas**. vol. 1, 5<sup>a</sup>. ed., São Paulo: Pioneira Thomson, 2005.

KOZMA, R. B.; CHIN, E.; RUSSELL, J. MARX, N. **The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction** (Technical report). Menlo Park, CA: SRI International. 1997.

KOZMA, R. B. The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry. In: KOZMA, M. J. R. (Ed.), **Learning the sciences of the 21 century**: Research,

design, and implementing advanced technology learning environments. Mahwah, NJ: Erlbaum Associates, 1997.

KOZMA, R.B. et al. The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In: VOSNIADOU, R. G. S.; MANDEL, D. C. H. (Eds.), **International perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments** Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1996.

KRAJCIK, J. S. Developing students' understanding of chemical concepts. In: Glynn, R. H. Y. S. M.; Britton, B. K. (Ed.), The psychology of learning science. **International perspective the psychological of technology-based learning environments**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991.

KRASILCHIK, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil. In: **Em Aberto**, Brasília, n. 55, p. 4 - 8, 1992.

KUETHE, J. L. Science concepts: A study of "sophisticated" errors, **Science Education**, v. 47, p. 36-36, 1963.

KUSMIN, V. Systemic Quality. **Social Sciences**, v. 4, 1974.

LATHER, P. **Feminist perspectives on empowering research methodologies**. Women's Studies International Forum, v. 11, p. 569–581, 1998.

LAUGIER, A. E. A. DUMON The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 327-342. 2004.

LAVAL, C. Do conhecimento como fator de produção. In: LAVAL, C. **A escola não é uma empresa**. O neo-liberalismo em ataque ao ensino público. Londrina: Editoria Planta, 2004.

LAVORENTI, A. **Cinética Química**. São Paulo, p. 12, 2002.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciência: lenguaje, aprendizaje y valores**. Barcelona: Paidós. 1997.

LENINE, V. I. A dialética. A concepção materialista da história. In: **Obras Escolhidas**. Tomo I. São Paulo: Alfa-Omega. 1979.

LIBÂNIO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1992.

LIBÂNIO, J. C. O declínio da escola pública brasileira: apontamentos para um estudo crítico. In: SAVIANI, D.; LOMBARDI, J. C. **História, educação e transformação: tendências e perspectivas para a educação pública no Brasil**, Campinas: Autores Associados, 2011.

LIMA, A. A. Obstáculos à compreensão do modelo de ligação iônica: uma investigação junto a professores do ensino médio de química e em livros didáticos de química. In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, n. 13, 2006, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2006.

LIMA, A. A. **O uso de modelos no ensino de química: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN**. 2007. 264 f. Tese

(Doutorado em Educação) - Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LIMA, A. A. et. al. Depressão e Antidepressivos: temas geradores para discussão de conceitos químicos no nível médio de ensino, **Revista Brasileira de Ensino de C&T**, 2013.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B. As analogias no ensino de química: uma investigação dos saberes na formação inicial de professores. In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, n. 12, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre. UFRGS, 2004a. 1 CD-ROM.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B. Aprendizagem por modelos utilizando modelos e analogias. In: NÚÑEZ, I.; RAMALHO, B.(Org). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004b. p.245-264.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B. O que pensa um grupo de licenciandos sobre o uso de modelos e analogias no ensino de química? In: Encontro de Pesquisa Educacional do Norte e Nordeste, 17., Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B.; SOARES, W. C. Os saberes docentes relativos aos modelos da ciência como ferramenta do conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso de futuros licenciados em química. In: Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, n. 5, 2005, Bauru. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 CD-ROM.

LIMA, L. L. S.; RECENA, M. C. P. **Reações Química-Relações entre o nível microscópico e simbólico**. Monografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química – obstáculos animistas e realistas. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LOPES A. R. C. Fenômeno, transformação e representação- Reações Químicas **Revista Química Nova na Escola**, n. 2, 1995.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1999.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências. In: LOPES, A. C.; MACEDO, E. (Org.). **Disciplinas e integração curricular: história e políticas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002. p. 73-94.

LLORENS, J. A. La concepción corpuscular de la matéria. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. **Investigación en la escuela**, n. 4, 1988.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, n. 4, p. 18-20, 1996.

MACHADO, A. H. **Equilíbrio químico: concepções e distorções no ensino e na aprendizagem**. Dissertação de mestrado. Campinas: Unicamp, 1992.

MACHADO, N. J. **Educação: projetos e valores**. 5. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.

MACIEL, N.; MIRANDA, A. **Eu e a Química - Físico - Química** – 8º ano de escolaridade.

Porto: Porto Editora, 1994.

MCNAUGHT, A.; WILKINSON, A. 1997. **IUPAC Compendium of Chemical Terminology**, (The gold book). Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, Disponível em: <http://old.iupac.org/publications/compendium/I.html>. Acesso em: 20 de abril, 2011.

MANZINI, E. J. Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada. In: MARQUEZINE, M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE, S. (Orgs.) **Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial**. Londrina: eduel, 2003. p.11-25.

MARCUSCHI, Luiz Antônio. **Análise da conversação**. São Paulo: Ática, 1986.

MARTORANO S. A. A.; CARMO M. P.; MARCONDES M. E. R. **A história da ciência no ensino de química**: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. *História da Ciência e Ensino*. v. 9, 2014, p. 19-35.

MATUTE, S. P; PÉREZ, L. P; DI'BACCO V. L. Estudio comparativo de la resolución de problemas en el rendimiento estudiantil en el contenido de electroquímica. **Actualidades Investigativas en Educación**. v. 9,1 p1-7, 2009. Disponível em: <http://revista.inie.urc.ac.cr.n>. Acesso: 20 abr. 2014.

MEDVIDIEV, A. Aspectos lógicos, psicológicos e pedagógicos do ensino da física. In: GARNIER, C. et al (org.). **Após Vygostsky e Piaget**: perspectiva social e construtivista. Escola russa e ocidental. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes médicas, 1996.

MÉHEUT M.; SALTIEL, E.; TIBERGHEN, A., Student's conceptions about combustion. **Eur. Journal Sci. Educ**. 1985.

MENDES, M. P. de L. **O conceito de reação química no nível médio**: história, transposição didática e ensino. Dissertação, Salvador, 2011.

MENDES, J. N. M. et al. Matéria e suas manifestações: análise crítica da transposição didática sobre temas de Estrutura da Matéria em livros didáticos de Física e Química do Ensino Médio. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências, Florianópolis, 2009.

MESQUITA, N. A. S. et al. Formação de um Grupo de Estudos em Ensino de Ciências e Matemática – GREECIM, Universidade Estadual de Goiás. In: Encontro do Centro-Oeste de Ensino De Química, n. 15, 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: ECODEQ, 2007.

MINAYO, M. C. S. **O Desafio do Conhecimento**: Pesquisa Qualitativa em Saúde, São Paulo: Hucitec, 8ª edição, 2004.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa Social**: teoria, método e criatividade. 29 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

MOL, G. S.; SILVA, R. R. A experimentação no ensino de Química como estratégia para a formação de conceito. **Anais.. VIII ENEQ e VIII ECODEQC**, Campo Grande: UFMS, 1996.

MOLTÓ E. G. **Estudio de algunas habilidades intelectuales de amplio uso en la enseñanza de las ciencias**. Universidad Pedagógica E. J. Varona. Cuba, 2005.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

MORTIMER E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. **Investigações em ensino de ciências**, 1996.

MORTIMER, E. F. Sobre chamadas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências, 1998.

MORTIMER, E. F. Sobre chamadas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, R. J. (Orgs.). **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1998. p. 99-118.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**, volume único: ensino médio. São Paulo: Scipione, 2005, p. 89-116.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **Química Nova**, n. 32, p. 273-277, 2000.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações – concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, n. 2, 1995.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2000.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN, E. Por uma reforma do pensamento. In: **O pensamento complexo**: Edgar Morin e a crise da modernidade. VEGA, A. P.; SANTOS, E. P. (orgs.) Rio de Janeiro: Garamond. 1999.

MULFORD, D. R.; ROBINSON, W. R. An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. **Journal of Chemical Education**, v. 79, p.739-744, 2002.

NAKHLEH, M., Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions, **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 3, p. 191-196, 1992.

NARDIN C. S., SALGADO T. D. M., DEL PINO J. C., Análise de uma proposta de ensino de reações químicas entre compostos inorgânicos referenciados em mecanismos de reação. **Anais...**, V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências atas do V ENPEC - n 5. 2005.

NERY A. L. P., LIEGEL R. M., FERNANDEZ C. Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para a previsão e equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas. **Química Nova na Escola**, n. 23, maio 2006.

NIAZ, M.; LAWSON, A.E. **Balancing chemical equations**: The role of development. Prawat, R.S. (1991). Conversations with self and settings, 1985.

NÚÑEZ, I. B. **Sistema Didático para la enseñanza de la Química General**. La Habana, 1992. Tese de Doutorado.

NÚÑEZ, I. B. **Vygotsky, Leontiev e Galperin**: formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília: Liber Livro, 2009.

NÚÑEZ, I. B. Aprender a ensinar habilidades cognitivo-linguísticas como ferramentas na educação em ciências. Uma abordagem baseada na teoria de formação das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin. Projeto do CNPq, 2012.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, O. Los objetivos de la química general. Definición a partir del método teórico. **Química Nova**, v. 16, n. 6, p. 671-674, 1996a.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, O. Formación de la habilidad: explicar propiedades de las sustancias. Uma nova proposta. **Química Nova**, v. 16, n. 6, p. 675-680, 1996b.

NÚÑEZ, I. B.; GONZÁLEZ, O. P. **La formación de conceptos científicos uma perspectiva desde la teoria de la actividad**. Natal: Editora da UFRN, 1997.

NÚÑEZ I. B.; RAMALHO, B. L. A noção de competência nos projetos pedagógicos do Ensino Médio: reflexões na busca de sentidos. In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: O novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

NÚÑEZ I. B.; RAMALHO, B. L. (org). **Estudos de erros e dificuldades de aprendizagem**: as provas de química e biologia do vestibular da UFRN. Natal: EDUFRN, 2012

NÚÑEZ I. B.; RAMALHO B. L. Conhecimento profissional para ensinar a explicar processos e fenômenos nas aulas de Química, **Revista Educação em Questão**, v. 52, n. 38, p. 243-268, 2015.

NÚÑEZ, I. B.; SILVA, M. G. L. **Construir e interpretar gráficos no trabalho experimental**. Natal: UFRN, 2008. (mimeo)

NÚÑEZ, I. B.; UEHARA, F. M. G. A explicação científica e o conhecimento profissional na formação inicial de professores de química. In: Encontro Nacional de Pesquisas e Práticas em Educação. **Anais ...**, Natal/RN, 2012.

NÚÑEZ, I. B. *et. al.* O uso de situações-problema no ensino de ciências. In: NÚÑEZ, I.; RAMALHO, B. (Org.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: um novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

NURRENBERN, S.; PICKERING, M. Concept learning versus problem solving: is there a difference? **Journal of Chemical Education**, v. 64, n. 6, p. 508-510. 1987.

OCDE. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – PISA 2006**. Marco de la Evaluación – Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura, Paris, 2006.

OCDE. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – PISA 2015**. Matriz de Avaliação de Ciências. Trad. MEDEIROS, L., Brasília: Daeb/Inep, 2015.

OGUDE, A. N.; BRADLEY, J.D. Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 1, p. 29-34, 1994.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Física. Porto Alegre/RS, 2010. Disponível em [http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-paraeducacaobasica/teorias\\_de\\_aprendizagem\\_fisica.pdf](http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-paraeducacaobasica/teorias_de_aprendizagem_fisica.pdf). Acesso em: 15 mai 2015.

OVCHINNIKOV N. F. **The Category of Structure in the Sciences on Nature**. The Structures and Forms of Matter. Moscow, "Science", 1967.

PACHECO, C. et al . Ciência em cena: diálogos sobre arte e Ciência no Museu da Vida. In: **Matos, Cauê. Ciência e arte: imaginário e descoberta**. São Paulo: Terceira Margem, 2003.

PAIVA, A. P. Características e Reactividade dos Compostos Orgânicos, Química. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Química**, v. 92, p. 47-55, 2004.

PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. Dimensión epistemológica de los programas de Física y Química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores?. In: BANET, E.; DE PRO, A. (Eds), **Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, p. 284-293, 1998.

PALMER, W. P.; TREAGUST, D. F. Physical and chemical change in textbooks: an initial view. **Research in Science Education**, v. 26, n. 1, 1996.

PEREIRA, J. E.; UEHARA, F. M. G.; NUÑEZ, I. B. O estudo do conceito de variáveis com estudantes de licenciatura em química. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC). **Anais...** Florianópolis-SC, 2009.

PEREIRA, M. P. A. Equilíbrio Químico – Dificuldades de aprendizagem I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 76-81, 1989.

PEREIRA, M. P. B. A. **Equilíbrio Químico**. Dificuldades de Aprendizagem e Sugestões Didáticas. Lisboa: SPQ, 1990.

PÉREZ, D. G. Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. Universitat de València Amparo Vilches Peña. Instituto de Enseñanza Secundaria "Sorolla". **Investigación en la Escuela**, v. 43, p. 27-37, 2001.

PÉREZ ECHEVERRÍA, M. P. **Psicología del razonamiento probabilístico**. Psychology of probabilistic reasoning. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma. 1990.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas. **Cuadernos de Educación**, n. 1. Santander, Consejería de Educación del Gobierno de Cantabria, 2007.

PETRAGLIA, I. C. **Estudos de Complexidade**, v. 01, Editora: Xama, 2006.

PFUNDT, H. The final link in the division processor the first building block? Pre-instruction, conceptions about the structure of substances, **Chimica Didactica**, v. 7, p. 75-94, 1981.

PIERRE, T. **Reações fotoquímicas**. Rio de Janeiro, p. 3, 2006.

- PIO, M. J. **Visão de alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de cálculos estequiométricos**. 2006. Monografia. Univ. Fed. de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- POZO, J. I. No es oro todo que reluce ni se construye (igual) todo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista. **Anuario de Psicología**, v. 69, p. 127-139. 1996.
- POZO, J.I. **Humana mente**: el mundo, la conciencia y la carne. Madrid: Morata, 2001.
- POZO, J. I.; GÓMEZ C. M. A. **Aprender y Enseñar Ciencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1998.
- POZO, J. I.; GÓMEZ C. M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, 5 ed, São Paulo: Artmed. Brasil, 2009.
- POZO, J. I, *et. al.* Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: Una interpretación desde la psicología cognitiva. **Enseñanza de las Ciéncias**, v. 9, n. 1, p. 83-94. 1991.
- POZO, J. I; POSTIGO, Y. **Los procedimientos como contenidos escolares**: uso estratégico de la información. Barcelona: Edebé, 2000.
- POZO, M. D. R. La construcción didáctica del concepto de cambio químico. **Alambique**, v. 17, 1998.
- QUADROS, A. L. A Água como Tema Gerador do Conhecimento Químico. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 26-31, 2004.
- QUEIROZ S. L. A linguagem escrita nos cursos de graduação em química. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 143-146, 2000.
- QUÍLEZ-PARDO, J. El principio de Le Chatelier como regla cualitativa: un obstáculo epistemológico en el aprendizaje del equilibrio químico. **Infancia y Aprendizaje**, v. 78, p. 73-86, 1997a.
- QUÍLEZ-PARDO, J. Superación de errores conceptuales del equilibrio químico mediante una metodología basada en el empleo exclusivo de la constante de equilibrio. **Educación Química**, v. 8, p. 73-86, 1997b.
- QUÍLEZ-PARDO, J. Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. **Educación Química**, v. 9, n. 6, p. 367-377, 1998.
- QUÍLEZ-PARDO, J. A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 1, p. 69-87, 2004.
- QUÍLEZ-PARDO J. Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 219-240, 2006.
- QUÍLEZ-PARDO, J.; SOLAZ-PORTOLES, J.J. Students and teachers misapplication of the Le Chateliers principle. Implications for the teaching of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, p. 939-957, 1995.

RATCLIFFE, M. What's difficult about A-Level chemistry. **Education in Chemistry**, v. 39, p. 76-80, 2002.

RAVIOLO, A. et al. Desarrollo de actitudes hacia el cuidado de la energía: experiencia en formación de maestros. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 1, p. 79-86. 2000.

RAVIOLO A. Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. Universitas Scientiarum. **Revista de la Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana**, v.10, p. 35-43, 2005.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A. Uso de analogías en la enseñanza de la química: necesidad de elaborar decálogos e inventarios. **Alambique**. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2007.

RAVIOLO A.; GARRITZ A. Analogias no ensino do equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, v. 27, 2008.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A.; SOSA, P. Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. **Revista Eureka**, v. 8, n. 3, p. 240-254, 2011.

RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ AZNAR, M. Una revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis didácticas. **Educación Química**, v. 14, p. 60-66, 2003.

RESHETOVA, Z. A. **Realización de los principios del enfoque sistêmico em lãs asignaturas**. La Habana: Editado por CEPES, 1988.

RESHETOVA, Z. A. **Análisis sistêmico aplicado a la Educación Superior**. La Habana: CEPES, 1989.

REIGELUTH, C.M. O que é a teoria instrucional-design e como ele está mudando? In: REIGELUTH, C. M., (Ed.). **Teorias de instrução de design e modelos: Um novo paradigma de teoria instrucional**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999, p. 5-29.

REYES-C. F; GARRITZ, A. Conocimiento pedagógico del concepto de "reacción química" en profesores universitarios mexicanos. **Investigación temática**, v. 11, n. 31, p. 1175-1205, 2006.

REYES, G. L.; PAIROL, G. E. V. **Pedagogia**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.

RIBEIRO, R. P. **O processo de aprendizagem de professores do ensino Fundamental: apropriação da habilidade de planejar situações de ensino de conceitos**. 2008. Tese de doutorado (Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

RICHETTI, G. P.; MILARÉ, T.; FILHO, J. P. A.: Uma análise dos direcionamentos da abordagem de reações químicas em livros de ciências do ensino fundamental. **Anais...**, VII ENPEC, Florianópolis, 2009.

ROCHA, A.; SCANDROLI, N.; CASTIÑEIRAS, J. M. D.; GARCÍA-RODEJA, E. Propuesta para enseñanza del equilibrio químico. **Educación Química**, México, v. 11, n. 3, p. 343-352, 2000.

RODRIGUEZ, C. R. **Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje**. Editora de la Universidad de Cienfuegos, 2003.

ROGADO, J. Ensino e aprendizagem da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: a importância da história da ciência para sua compreensão. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, 2005.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, v. 31, n.4, p. 921-923, 2008.

ROSA, M. I. F. P. S. **A evolução de ideias de alunos do 1º ano do ensino médio sobre o conceito de transformação química numa abordagem construtivista**. Dissertação (Mestrado em Educação). Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 1996.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, 1998.

ROZIER, S.; VIENNOT, L. Students' reasonings in thermodynamics. **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 2, p. 159-170, 1991.

RUBILAR, M. C. **Aportes a la caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar**. Tesis Doctoral. Septiembre, 2009.

RUBILAR, M. C.; IZQUIERDO A. M. Aportes a la modelización según el cambio químico, **Educación Química**, v. 22, n. 3, 2011.

SÁ, J. G. **Renovar as práticas no 1º ciclo pela via das Ciências da Natureza**. Portugal: Porto Editora, 1994.

SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão. **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 25, p. 10-13, 2007.

SACHKOVA, O. P. On the question of the reactivity of bluegreen water plants when radiated by monochromatic red light varying wave parameters. In: colloquio **The utilization of solar energy in technology, agriculture and medicine**, Alma Alta, 1969.

SACRISTÁN, J. G. **Poderes inestables en educación**. Madrid: Ed. Morata, 1998.

[SALGANIK](#), L. H. **Projects on competencies in the OECD context: analysis of theoretical and conceptual foundations ; definition and selection of competencies**. Editora: Neuchâtel: Swiss Federal Statistical Office (SFSO), 1999.

SÁLMINA, N. G. **Las actividad cognoscitiva de los alumnos y modos de construir la asignatura**. La Havana: Editado por el CEPES, 1988.

SALSONA, N. The emergence of chemical phenomena. **Research in science**. Education II, Grecia, 1995.

SALSONA, N. **L' emergència de la interpretació dels fenòmens químics**. Tesis doctoral Univeritat Autonoma de Barcelona, 1997.

SANDERSON, N. R. T. Why Does Methane Burn? **Arizona State University**. v. 45, n. 6, 1968.

SANGER, M.; GREENBOWE, T. Common student misconception in: galvanic, electrolytic a concentration cells. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 4, p.377- 398, 1997.

SANMARTI N. Aprender una nueva manera de pensar y aplicar la evaluación: Um reto em la formación inicial del professorado. In: Del Carmen, L. (Ed), **Simposide lo sobre la formación inicial de los profesionales de la educación**. Girona. Universitat de Girona, 2000, p. 321-345.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Sintesis Educación, 2002.

SANMARTÍ, N. **Hablar, leer y escribir para aprender ciencia, la competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo**. Colección Aulas de Verano. Madrid, 2007.

SANMARTÍN, N.; IZQUIERDO, M. Reflexiones Entorno a un Modelo de Ciencia Escolar, **Investigación en la Escuela**,1997.

SANTOS, L. C.; SILVA, M. G. L. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Enseñanza de las Ciencias**, Número Extra IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, 2013.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, 2007.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Editora Unijuí, 1997.

**SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no brasil: conquistas e perspectivas**. Química Nova, v. 25, 2002.

**SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de Química e a importância da Química Nova na Escola**. Química Nova na Escola, v. 20, p. 49-54, 2004.

SEESP, Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, **Formação Docente Cursos de Especialização para o quadro do Magistério do Fundamental II e Ensino Médio**. Reações Químicas; aspectos relevantes. UNESP, São Paulo, 2012.

SHAIBU, A. Topics difficulties in A- level chemistry: students' and teachers' perception. **School Science Review**, v. 70, n. 251, p.118-120. 1988.

SHOLLUM, B. Chemical change. **A Working Paper of the Learning in Science Project**, n. 27, University of Waikato, 1982.

SILVA, A. F. G. A construção do currículo na perspectiva popular crítica: das falas significativas às práticas contextualizadas. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J. L. P. B. Porque não estudar entalpia no ensino médio. **QNEsc**, n. 22. p. 22-25, 2005.

SILVA, M. G. L.; NÚÑEZ, I. B. **Instrumentação para o ensino de química II**. Natal: EDUFRN - Editora da UFRN, 2007.

SILVA, M. G. L.; SILVA, A. F.; NÚÑEZ, I. B. Dos modelos de mudança conceitual à aprendizagem como pesquisa orientada. In: NÚÑEZ, I.; RAMALHO, B. (Org.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**, Porto Alegre: Sulina, 2004.

SOARES, W. C. **Análise das provas objetivas de Química no Vestibular da UFRN (de 1997 a 2010)**. Uma caracterização a partir das mudanças. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SOCAS, M. M. Dificultades, obstáculos y errores em el aprendizaje de las matemáticas en la educación secundaria. In: RICO, L. (Coord.) et. al. **La educación matemática em La enseñanza secundaria**. Barcelona: Horsori, 1997, p. 125-154.

SOLSONA, N. **The emergence of the interpretation of chemical phenomena**. Barcelona: Autònoma, University of Barcelona, 1997.

SOLSONA N.; IZQUIERDO M. La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de Secundaria. **Alambique**, v. 17, p. 76-84, 1998.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M.; GUTIÉRREZ, R. El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.1, p.15-24, 2000.

SOLOMONS, T. W. G.; **Química Orgânica**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

SOUZA, E. S.; AZEVEDO, M. G. B.; FONSECA, M. G. Química do Cabelo como Tema Gerador de Conhecimento de Química. **Anais...**, XIV ENEQ, 2007.

SOUZA K. A. F. D.; CARDOSO A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 51-56, 2008.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 10, n. 2, 2010.

STAVER, J. R.; LUMPE, A. T. Two investigations of students understanding of the mole concept use in problem solving. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, n. 2, 1995.

STAVY, R. Children's conceptions of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 3, p. 247-266, 1990.

STRAVIDOU, H; SOLOMMONIDOU, C. Physical phenomena – chemical Phenomena: do pupils the distinction? **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 1, p.83-92, 1989.

STRIKE, K. A.; POSNER, G. J. A revisionist theory of conceptual change. In: DUSCHL, R.; HAMILTON, R. (Eds.) **Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice**. Albany, NY, SUNY, 1992.

TALANQUER, V. Common sense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 5, p. 811–816, 2006.

TALANQUER, V. Explanations and Teleology in chemistry Education. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 7, p. 853 – 870, 2007.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic? The Many Faces of the Chemistry Triplet. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TALÍZINA, N. F. Análisis de La teoria de Galperin. **Revista Psicología e Educación**, n. 10, La Habana, p. 33-41, 1968.

TALÍZINA, N. F. **Psicología de La enseñanza**. Moscou: Editorial Progreso, 1988.

TEICHERT, M. A.; STACY, A. M. Promotion understanding of chemical bonding and spontaneity through student explanation and integration of ideas. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, p. 464-496, 2002.

TUNES, E. et. al. Ensino de conceitos em química. IV. Sobre a estrutura elementar da matéria. **Química Nova**, v.12, n.2, p.199-202, 1989.

UEHARA, F. M. G. **Refletindo dificuldades de aprendizagem em alunos do ensino médio no estudo do equilíbrio químico**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2005.

UNESCO. **O perfil dos professores brasileiros: o que fazem, o que pensam, o que almejam**. São Paulo: UNESCO, Ed. Moderna, 2004.

UNESCO. **Professores do Brasil: impasses e desafios**. GATTI, B. A.; BARRETO, E. S. S. (coord), Brasília, 2009.

VASINI, E.; DONATI, E. Uso de analogías adecuadas como recurso didáctico para la comprensión de los fenómenos electroquímicos en el nivel universitario inicial. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 471-477, 2001.

VASCONCELOS, M. L. Docência e autoridade no ensino superior: uma introdução ao debate. In: TEODORO, A.; VASCONCELOS, M. L. (orgs). **Ensinar e aprender no ensino superior: por uma epistemologia da curiosidade na formação universitária**. 2ª ed. São Paulo: Mackenzie/Cortez, 2005.

- VERGARA, S. C. **Método de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.
- VERONEZ, K. N. S.; PIAZZA, M. C. **Estudo sobre dificuldades de alunos do ensino médio com estequiometria**. Atas, Florianópolis, p. 1-10, 2007.
- VIEGAS, C. **Química: Físico - Química – 8ºano de escolaridade**, Editorial. O Livro, 1994.
- VIENNOT, L. **Le raironnement spontane en dynamique elèmentaire**. Paris, 1976. Tese (Doutorado) — Universite Paris VII. Paris.
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.
- VOLHARDT, K.; PETER, C. **Química orgânica: estrutura e função**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- VYGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- WARTHA E.J., D.B. REZENDE **Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce** Investigações em Ensino de Ciências, 16 (2) (2011), pp. 275–290, 2011
- WAGENSBERG, J. Sobre la transmisión del conocimiento científico y otras pedagogías. **Substratum**, v. 1, n. 2, 1993.
- WILSON, A. H. Equilibrium: a teaching / learning activity. **Journal of Chemical Education**. v. 75, 1998.
- WU K. K, KRAJCK J. S., SOLOWAY. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, 2001.
- YARROCH, W. L. Student understanding of chemical equation balancing. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 22, p. 449-459. 1985.
- YUDIN, E. D. **Sistemnyi podkhod i printsip deyatel' nosti**. The systems approach and the principle of activity. Moscow: Izdatel' stvo Moskovskago Universiteta, 1978.
- ZABALA, A. **Enfoque Globalizador e Pensamento Complexo: Uma proposta para o currículo escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- ZILBERSTEIN, J. et. al. **Didáctica integradora de las ciencias**. Experiencia cubana. Editorial Academia. La Habana, 1999.

## APÊNDICES

### APENDICE 01

#### FOLHA DE REGISTRO

Código \_\_\_\_\_

1º item

Interpreta os parâmetros

- I- Variação da Energia Livre de Gibbs
- respondeu corretamente  
 respondeu parcialmente  
 responde errado  
 não respondeu
- II- Constante de Equilíbrio (Kp)
- respondeu corretamente  
 respondeu parcialmente  
 responde errado  
 não respondeu
- III- Energia de Ativação
- respondeu corretamente  
 respondeu parcialmente correto  
 responde errado  
 não respondeu

Erros cometidos ao responder o item:

2º item

- Explica corretamente a importância de se integrarem os três parâmetros (Variação de energia livre, constante de equilíbrio e o valor da energia de ativação) para compreender por que a reação tem lugar nas condições dadas. \_\_\_\_\_

Deixou em branco ( )

- Explica parcialmente a importância de se integrarem os três parâmetros (Variação da energia livre, constante de equilíbrio e o valor da energia de ativação) para compreender por que a reação tem lugar nas condições dadas. \_\_\_\_\_

Integrou os parâmetros:

- Variação de Energia Livre
- Energia de ativação
- Constante equilíbrio

Deixou em branco:

- Variação de Energia Livre
- Energia de ativação
- Constante equilíbrio
- Todas

- Explica de forma incorreta a importância de se integrarem os três parâmetros (Variação da energia livre, constante de equilíbrio e o valor da energia de ativação) para compreender por que a reação tem lugar nas condições dadas. \_\_\_\_\_

Deixou em branco:

Varição de Energia Livre ( )

Energia de ativação ( )

Constante equilíbrio ( )

Todas ( )

Erros ao responder o item

3- Calcula a quantidade de hidrogênio necessário para se produzirem 8 toneladas de  $\text{NH}_3$

( ) respondeu corretamente

( ) respondeu parcialmente

( ) responde errado

( ) não respondeu

Erros ao responder o item

**APENDICE 02****TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS COM PROFESSORES DE QUÍMICA**

Professor (PR)

Pesquisador (PQ)

(PQ) bom dia professor muito obrigada por me receber e me ceder um pouco do seu tempo para essa entrevista

(PR) sem problema

(PQ) quantos anos tem de experiencia em sala de aula ?

(PR) hum:::(+) dou aulas a dezenove anos nas escolas partículars e à nove no IF

(PQ) então como conversamos pelo telefone eu estou no doutorado em Química e para a obtenção dos meus resultados eu (+) preciso entrevistar professores experientes e conceituados na área da química os sujeitos que eu estou investigando é um grupo de cento e vinte e seis candidatos que pretendiam entrar no curso de licenciatura em química em dois mil e treze, e prestaram o vestibular naquele ano na UFRN assim um dos nossos objetivos na pesquisa é conhecer quais os níveis de conhecimento que esses candidatos tinham sobre reações químicas né com essa intenção nós analisamos essa questão aqui ó

(PR) subjetiva né ?

(PQ) é

(PQ) olha, esses foram os resultados da análise da questão apresentados pela COMPERV esses para os sete mil trezentos e dez candidatos, que foram todos que concorreram...he::: esses os resultados dos cento e vinte e seis que eu estou investigando.

(PR) sei...

(PQ) então professor diante desses resultados apresentados, quais as razões que o senhor atribui esse baixo desempenho na questão cinco dos estudantes candidatos ao curso de química, resultados esse que não difere do resultado de forma geral de todos que participaram desse vestibular?

(PR) o que eu acredito (+) que os alunos muitas vezes eles não tem noção efetivamente do que que cada grandeza significa ou seja, eles têm uma dificuldade muito grande de entender o conceito né, (+) muitas vezes, eles sabem fazer o cálculo né... eles têm uma certa capacidade de memorização mas não tem uma capacidade de entender o que os conceitos significam né... eu tenho é... digamos, eu observo muito isso nas minhas aulas em que se

a gente pergunta por exemplo o u que é o delta G energia livre né ou constante de equilíbrio eles podem até aprender a calcular mas eles tem muita dificuldade de entender o significado de cada grandeza dessa que pra mim é o que é mais importante né? então eles tem muita dificuldade de compreensão né? como a gente observa aqui tanto no item a quanto no item b o que a questão quer é o signicado do que é essas... grandezas o que elas significam e como voce pode utilizar isso para poder fazer uma previsão de uma reação, então acho que a maio dificuldade é exatamente essa primeiro é entender o conceito do que cada grandeza significa e depois aprender a relacionar o conceito com a situação real que eu acho que esse é o grande problema que a gente tem nessa questão a gente tem o item a e b que são itens mais difíceis e voce precisa dessa compreensão e a gente o item c, que eu acredito que deve ser o item que os candidatos mais acertaram, que é um item mais associado ao cálculo mas o item a e b eu vejo que existe uma dificuldae muito grande na compreensão do conceito os alunos tem que entender que a definição do conceito é uma coisa muito mais ampla e que ele precisa saber aplicar

(PQ) certo professor agora gostaria de mostrar uma classificação feita por mim a classificação em níveis de conhecimentos observe esse quadro onde eu resumi seis níveis para voce chamo a atenção para o fato que os candidatos só começaram a acertar algo a partir do nível cinco alem de trinta e seis pessoas que entregaram a prova em branco

(PR) e esse nível onze foram alunos que erraram tudo ?

(PQ) sim

(PQ) então a partir dessa informação vou fazer a segunda pergunta em sua opinião quais as razões o senhor atribui ao fato de não ter nenhum estudante nos níveis um dois três e quatro nos quais representam um conhecimento para integrar os conteúdos que possibilitem a compreensão da reação química como um sistema?

(PR) eu acho primeiramente a...a dificuldade que a gente vê é exatamente na, no entendimento efetivo do que o conceito significa né? então, por exemplo ele sabe muitas vezes, a expressão do delta G né? a expressão matemática do delta G mas não consegue entender que o delta G significa certo? o que é ele que ele representa e como você pode utilizar essa grandeza pra interpretar o conceito (hipótese) outra coisa também que eu noto é que eles têm condições muitas vezes de ter a compreensão superficial de cada né de cada grandeza, mas eles não conseguem estabelecer uma relação entre elas né? essa relação ela é muito difícil de ser feita mas vale salientar também, chamar atenção de que como você falou né? essa pesquisa foi feita com alunos de ensino, alunos que pleiteavam o que? química, e a gente percebe que esses alunos que pleiteiam química são alunos com nível

cognitivo baixo isso também interfere na própria compreensão né? mesmo ele gostando da disciplina ele não tem o nível cognitivo de outros alunos né? isso é uma realidade que a gente vivencia certo? mas acho que a mas eles não conseguem estabelecer uma relação entre elas né? eles entendem né muitas vezes, certo a expressão que define o conceito, a expressão é... a expressão matemática que representa a grandeza no caso do delta G no caso do delta H né ai eles sabem que delta H é entalpia do produto menos a entalpia do reagente mas eles não mas conseguem fazer a relação entre essas três grandezas para definir por exemplo se um processo químico tem condições de ocorrer ou não, então na minha concepção é... a resposta pra isso é a dificuldade que o aluno tem de compreender efetivamente o que o conceito significa e não está focado somente em uma expressão matemática que é o que muitas vezes eles fazem

(PQ) professor muito obrigada por ter me recebido, naturalmente com a defesa da tese o senhor terá acesso a todos os resultados

(PR) eu é que agradeço poder fazer parte, é contribuir com o seu trabalho

(PQ) até logo

Professor (PC)

Pesquisador (PQ)

(PQ) bom dia

(PC) bom dia

(PQ) obrigada por voce ceder um pouco do seu tempo pra (+) pra essa entrevista então a minha tese é sobre a compreensão que os alunos têm de reações químicas no ensino medio como sistema certo? eu tou trabalhando o meu sujeito de análise são cento e vinte e seis provas de um grupo de candidatos que fizeram a prova da UFRN de vestibular em dois mil e treze e eu estou analisando uma única questão, essa questão aqui questão número cinco voce deve conhecer essa questão

(PC) Uhum...

(PQ) questão (+)(+) com três itens, no primeiro item a gente quer conhecer o que ele sabem sobre três conceitos

(PC) ( ) ... o que significa delta G

(PQ) delta G, Kp

(PC) ( )

(PQ) isso

(PQ) no item b a gente quer conhecer o que ele sabe sobre a interrelação desses conceitos certo? na ocorrência de uma reação química e o item c é uma estequiometria a partir dessa reação dada certo? e ai eu trouxe para voce conhecer uma análise que a COMPERV fez dessa questão esse primeiro quadro ele mostra é a (+) o aproveitamento dos sete mil trezentos e dez candidatos do total de candidatos que fizeram essa a prova, certo? esta aqui a análise e esse segundo quadro seria só cento e vinte e seis que seriam candidatos ao curso de licenciatura em química certo? e se voce pode comparar não tem muita diferença né ?...eles não foram muito bem se voce pode observar pelas porcentagens foi uma questão que não teve um aproveitamento muito bom

(PC) são barras essas questões

(PQ) então a primeira questão que eu queria fazer por que que voce acha quais as razões que o senhor atribui esse baixo desempenho na questão dos estudantes para um curso de licenciatura em química baseando-se basicamente nesse segundo quadro aqui e analisando assim porque o segundo quadro era para quem queria a licenciatura mas também não difere muito do quadro geral por que você acha que eles foram tão mal nessa questão?

(PC) olha esse questão fala de um conceito(+), primeiro que os livros não trazem esse (+)conceito de delta G se voce olhar os livros de segundo grau como um todo eles menosprezam bastante energia livre né? e quando ela é ministrada em sala de aula ela é ministrada muito superficialmente então normalmente de forma geral os professores vão dar esse assunto fazem de forma bem superficial conceito não deixam claro o que é o conceito o que é energia livre..livre pra que ? então apenas aplicam a fórmula e dizem aos alunos se for negativo é espontâneo se for positivo não é espontâneo então é um conceito muito vago...eles não compreendem qual a relação entre o delta G e o equilíbrio por exemplo eles não tem essa compreensão quando delta G igual a zero o que significa ? não compreende que quanto mais negativo é um delta G mais energia potencial tem o sistema em transformar reagentes em produtos na questão do vale de gibbs então é uma coisa muito superficial e a UFRN cobrou com força nessa questão essa relação é muito profunda então são (+) (+) é ... é muito raro o professor dar muitos detalher em cima do delta G então tem a deficiência do ensino-aprendizagem nessa coisa tem o menosprezo dos livros de segundo grau em cima desse tópico de energia livre ta? então o aluno não da muita relevância (+) a esse conceito de energia livre ta? essa relação de delta G tem todo um conjunto de fatores que levaram com certeza esse baixo rendimento dessa questão

(PQ) e ai no caso eu fiz uma ... eu classifiquei eu analisei as cento e vinte e seis provas e classifiquei essas provas em níveis fui analisando e classificando eu encontrei dezesseis níveis e fui analisando da seguinte forma.. se o estudante tinha acertado o ítem o primeiro ítem, se ele definiu corretamente o que era o delta G, o que era o Kp e a energia de ativação se ele definiu corretamente todos esses parâmetros se ele intergrou esses três parâmetros corretamente e calculou corretamente a massa do hidrogênio que era do item c eu classifiquei ele no nível um se ele classificou corretamente dois parâmetros se ele intergrou os três parâmetros corretamente e calculou corretamente a massa do hidrogênio eu classifiquei no nível dois se ele classificou corretamente dois parâmetros se integrou só dois parâmetros e calculou corretamente eu classifiquei no nível três se ele classificou corretamente dois parâmetros se integrou corretamente dois parâmetros e calculou incorretamente eu classifiquei no nível quatro e nisso eu fui fazendo até chegar no nível dezesseis que é aquela pessoa que...

(PC) zero

(PQ) entregou tudo branco

(PQ) vou apresentar agora para voce como ficaram os níveis...

(PQ) no nível um eu não encontrei ninguém no nível dois eu não encontrei ninguém nem no três, nem no quatro só a partir do cinco que eu comecei a encontrar algumas provas no nível onze que foram aquelas provas em que os candidatos tentaram responder todos os itens mas responderam conceitos sem sentido nós tínhamos quarenta e seis pessoas e no nível dezesseis tínhamos trinta e seis pessoas que seriam aquelas que entregaram a prova em branco então em um grupo de cento e vinte e seis pessoas nós temos quarenta e seis que responderam a questão toda incorretamente trinta e seis entregaram em branco e não tivemos nenhum candidato classificado nos níveis um dois três e quatro mediante esse quadro eu gostaria de fazer a segunda pergunta pra vc

(PQ) por que você acha ou na sua opinião quais as razões o senhor atribui ao fato de não ter nenhum estudante nos níveis um, dois três e quatro nos quais representam um conhecimento para integrar os conceitos para termos a compreensão de uma reação química como sistema sendo ele um conhecimento chave da química no ensino médio

(PC) Fabia né?

(PQ) é

(PC) Fábria é o seguinte a experiência que a gente tem de sala de aula o que a gente percebe é que os alunos não conseguem fazer associações (+)...cinética é cinética (+) (+) equilíbrio é equilíbrio Éh:::ele não consegue perceber que não há essa, ou não deveria existir no

conceito geral essa esse ato esse vazio entre termoquímica porque quando a gente entender termoquímica profundamente a gente sabe que uma reação química por exemplo exotérmica... ele sabe ou deveria saber que leva a um produto mais estável por que é menos energético e isso facilita a reação química ser espontânea e *porque na natureza as coisas tendem a uma maior espontaneidade* então eles não conseguem relacionar isso por mais que o professor tente e eu tento fazer isso na cabeça do aluno e dizer fulano de tal observe a reação é exotérmica e se é exotérmica tem energia suficiente para reagir por si só bem teoricamente, mas toda energia ela exige pra começar com energia mínima necessária entende? aí ele acha que pelo fato de ser exotérmica leva a um produto mais estável é espontânea então não precisa do fator para começar então ele não consegue ver a termodinâmica da coisa a cinética da coisa na verdade Fabia eu acho que na nossa época a gente corria mais a trás e hoje eles querem tudo pronto dentro daquele tópico eles só querem ver aquilo, e isso a UFRN cobrava muito bem essa interrelação entre dois assuntos a gente não consegue fazer a relação entre dois assuntos imagine no ENEM que quer a relação entre outras disciplinas a gente tem um desafio muito grande um desafio imenso muitas vezes a gente quer dar cinética sem dar termoquímica como fazer isso sem dar o alicerce? querem seguir um cronograma que não é fundamentado em alicerce não tem uma ordem lógica é um desafio e é isso...

(PQ) quantos anos professor o senhor tem de sala de aula?

(PC) vinte e cinco anos e você

(PQ) vinte e sete

(PQ) professor muito obrigada pela sua atenção e os resultados das pesquisas vão chegar a sua mão assim que a tese for publicada muito obrigada

Professor (PM)

Pesquisador (PQ)

(PQ) bom dia professor...quanto tempo o senhor tem de sala de aula?

(PM) doze anos de sala de aula

(PQ) professor a minha pesquisa ela está procurando conhecer qual a compreensão que os alunos tem de reação química como sistema pra isso estamos analisando uma questão (+) que foi aplicada no vestibular de dois mil e treze pela UFRN é uma questão discursiva com três itens você pode dar uma olhada na questão (2.8)

(PQ) no primeiro item a questão quer que o aluno defina três parâmetros  $\Delta G$ ,  $K_p$  e energia de ativação para essa reação química de produção de amônia nestas condições de temperatura e pressão no item b a questão quer conhecer como o aluno compreende a interrelação dos três parâmetros para a ocorrência de uma reação química e no item c busca conhecer se o aluno conhece cálculo estequiométrico então no meu caso essa questão foi analisada para um grupo de cento e vinte e seis candidatos que estavam buscando uma vaga no curso de Licenciatura em Química então eu vou apresentar aqui pra você a análise que a COMPERV fez o índice de aproveitamento que a COMPREV fez dessa questão esse primeiro quadro apresenta o índice de aproveitamento dos sete mil trezentos e dez candidatos que prestaram o vestibular como você pode ver... dois mil seissentos e quarenta e nove candidatos tiraram zero pessoas que tiveram um maior aproveitamento foram somente esses setecentos e quarenta e nove que obtiveram notas entre setenta e seis centezimos e um e esse outro quadro aqui (+) são aqueles cento e vinte e seis candidatos que estavam pleiteando uma vaga em licenciatura em química como você pode ver nós tivemos setenta e dois estudantes que tiraram zero e como você pode ver nenhum aluno acertou a questão inteira então eu vou fazer uma pergunta pra você mediante esses resultados

(PQ) quais as razões que o senhor atribui a esse baixo rendimento nessa questão resultado dos candidatos ao curso de licenciatura em química mas olhando também o grupo maior, olhando para o resultado geral dos candidatos a outros cursos e que o quadro não difere muito, eles não foram bem de forma geral a que você atribui esse baixo rendimento?

(PM) bom inicialmente obrigado pela oportunidade Fábria, (+) (+) hi::: assim o que da pra perceber é que essa questão foi bem elaborada, bem contextualizada né... e ela trouxe os questionamentos bem objetivos bem diretos eu acredito que os alunos tiveram dificuldade em responder essa questão porque falta uma aprendizagem significativa que ele teve de acordo com o assunto como na química muitas vezes nós... alunos têm dificuldades em responder porque estão acostumados com resumos e fórmulas... aulas muito resumidas os alunos ficam bitolados naqueles decorebas e quando eles pegam uma questão contextualizada ele se perde no entendimento da questão tanto da interpretação quanto dos dados quando o aluno está presente em uma aula, onde nessa aula que tenha algum significado pra vida dele, uma aula de estequiometria como vc pode ver.. bem claro...a produção da amônia quando é algo que possa ser voltado para a pesquisa ou para a própria extensão dependendo do curso se for curso técnico pra indústria isso vai ter significado pra ele então a palavra chave no meu caso... é que o aluno realmente isso não estava

empregnado no dia a dia dele, eh::: possivelmente essas decorebas tenham dificultado é uma questão teoricamente fácil... de se resolver a estequiometria inclusive a reação já vem com os coeficientes estequioméricos... bonitinhos...então realmente ficou um pouco a desejar nessas questões...possivelmente devido ao número a gente temos bons... fortes concorrentes aí em medicina mesmo assim pela quantidade de alunos que nós temos inscrito em medicina... no vestibular nesse ano possivelmente também não foi satisfatório esse número (até o ponto) nessa questão

(PQ) agora eu vou apresentar pra você um outro quadro (+) (+) eu classifiquei os cento e vinte e seis candidatos em ao curso de licenciatura em níveis de desenvolvimento... eu organizei dezesseis níveis vou explicar alguns níveis para você... aqueles alunos que definiram os três itens assim se ele definiu corretamente os três parâmetros integrou corretamente os três parâmetros e calculou corretamente a massa do hidrogênio eu classifiquei esse candidato no nível um para aquele que definiu dois parâmetros integrou os três e caculou a mass do hidrogênio tudo corretamente eu classifiquei esse candidato no nível 2 para o candidato que definiu corretamente dois parâmetros integrou dois e calculou corretamente a massa do hidrogenio eu classifiquei como o nível três e aquele candidato que definiu dois parâmetros integrou dois parâmetros e errou o cálculo estequiométrico eu classifiquei no nível quatro então os dados que eu vou te fornecer é o seguinte...(+) nenhum dos candidatos foram classificados nesses níveis ninguém foi classificados nos níveis um dois três e quatro só começaram a aparecer candidatos a partir do nível cinco o nível onnze foram daqueles candidatos que tentaram responder todos os itens mas não tinha nenhuma coerencia nas respostas erraram todas as respostas e eu tive ai nesse nível quarenta e seis candidatos e meu último nível dezesseis que foi meu último...foram aqueles candidatos entregaram a prova com os três itens em branco e tive ai trinta e seis candidatos então baseado nesse último quadro eu vou fazer uma outra pergunta pra você

(PQ) na sua opinião a que você atribui a gente não ter nenhum candidato nesses níveis um dois três e quatro? porque nesses itens o aluno definir integrar e calcular ele mostra que o aluno mostra que o aluno não tem compreensão de uma reação...uma reação química como sistema quando ele integra ele mostra a compreensão que ele tem de uma reação química como sistema então isso mostra que o aluno não tem essa compreensão a que o senhor atribui essa falta de compreensão?

(PM) essa falta de compreensão professora assim...desde o princípio...eu vou pegar caso de princípio como...como eu fui professor de cursinho muitas vezes alguns alunos que iam prestar vestibular para física química as licenciaturas de um modo geral...eram alunos que

vinham de escolas públicas e o primeiro contato que eles tinham realmente com estequiometria e reações químicas eram no cursinho eles não chegavam a ver nada no ensino médio... a não ser tabela periódica...ligações químicas...com um contexto inteiro posteriormente eh::: nesse caso eu volto aquela questão de compreensão... o que que a questão pede...e a compreensão do aluno né...realmente esse contraste de dados que para ser um curso de licenciatura em química teoricamente vemos que são aqueles alunos que têm um conhecimento prévio sobre a química o mínimo necessário para se chegar a licenciatura e realmente é um fato muito impactante...porque é uma questão teoricamente fácil...e com um rendimento desse...baixo...eu atribuo a falta realmente de estudo...ou a questão de conteúdo mesmo do aluno...não buscou também... é um fato preocupante mas como eu falei também esse assunto em si..nas escolas de ensino médio públicas nível estadual realmente não são vistos

(PQ) bom professor eu quero agradecer a sua disponibilidade para fazer essa entrevista e quando o trabalho estiver terminado eu te entrego uma cópia dos resultados obrigada

(PM) de nada

Professor (PMO)

Pesquisador (PQ)

(PQ)boa tarde professor obrigada por me receber professor quanto tempo você tem experiencia de sala de aula?

(PMO) eu iniciei ah::: como professor de química Fabia... quando eu engressei na graduação em dois mil e três...então com dezessete anos

(PQ) bom então meu trabalho professor ele está fundamentado na busca da compreensão que os alunos tem de uma reação química como sistema nós pegamos aqui uma questão que foi aplicada no vestibular de dois mil e treze é um vestibular feito pela UFRN a questão numero cinco a questão é essa aqui...nós temos aqui uma reação química de formação da amônia...e foram feitas três perguntas três itens no item a ele quer que o aluno dê o significado do que é o delta G do que é  $K_p$  e do que é uma energia de ativação no item b ele quer saber qual é a compreensão que o candidato tem desses três itens fazendo uma interrelação desses parâmetros para uma reação química para que uma reação química aconteça e no item c é um cálculo um estequiométrico é a obtenção do hidrogênio a partir de uma certa quantidade de amônia, certo? A COMPERV ela apresentou um índice de aproveitamento dessa questão e aqui eu tenho dois quadros esse quadro foi feito para os

sete mil setecentos e dez candidatos que foram todos os candidatos que participaram desse concurso e ai como voce pode ver nós tivemos dois mil seicentos e quarenta e nove tiraram zero e no proximo quadro são aqueles candidatos que fizeram o concurso para o curso de licenciatura em química nenhum candidato conseguiu acertar completamente a questão...a partir desses quadros eu vou fazer a primeira pergunta pra você

(PQ) professor a que você atribui esse baixo rendimento não só dos candidatos ao curso de licenciatura mais de forma geral a todos os candidatos do concurso nessa questão ?

(PMO) bom Fábria o que eu penso é que nosso aluno ele tem um currículo no ensino medio muito loongo...estuda conteúdo que não vão servir para nada no seu dia a dia...essa questão foi uma questão muito bem elaborada mas os alunos não conseguem responder porque eles não tem essa visão...eles estudam termoquímica...depois a cinética...depois equilíbrio..e é assim os livros didáticos são assim...

(PQ) obrigada professor agora... vou te mostrar outros quadros...eu classifiquei os candidatos em níveis de desenvolvimento olha nós temos dezesseis níveis o primeiro nível foram classificados aqueles alunos que acertaram a definição de todos os parâmetros  $\Delta G$   $K_p$  e energia de ativação integraram corretamente todos os parâmetros e calcularam a massa do hidrogênio corretamente quem definiu corretamente dois parâmetros integrou corretamente os três parâmetros e calculou a massa do hidrogênio corretamente foi classificado no nível dois no nível três ficaram aqueles alunos ou candidatos que definiram dois parâmetros integraram dois parâmetros e calcularam corretamente a massa de hidrogênio no nível quatro os classificados foram aqueles que definiram dois parâmetros, integraram dois parâmetros e calcularam incorretamente a massa de hidrogênio e assim professores ...olha essa tabela..não temos nenhum candidato em nenhum desses níveis...olha (+) no nível onze tinhamos aqueles candidatos que responderam os itens mas eram respostas sem coerência...todas erradas temos quarenta e seis candidatos e no meu último nível no dezesseis foram classificados aqueles alunos que entregaram tudo em branco que são trinta e seis candidatos

(PMO) nossa...oitenta e seis..muita gente hein?

(PQ) pois é...diante disso a que você atribui não ter nenhum candidato nos níveis um dois três e quatro? sendo a reação química um conteúdo tão importante no ensino médio porque os alunos não compreende ela como um sistema?

(PMO) porque professora nosso aluno está acostumado a ver o assunto tudo esfacelado, fragmentado...cinética, cálculo estequiométrico equilíbrio...tudo separado o próprio

professor aprendeu assim e vai ensinar assim é muito complexo isso..muito difícil o livro didático já trás o conteúdo assim como o aluno vai aprender diferente?

(PQ) professor muito obrigada por nos conceder um pouco do seu tempo para essa entrevista e quando tivermos os resultados eu trago pra você

(PMO) foi um prazer

Professor (PJ)

Pesquisador (PQ)

(PQ) Boa tarde professor primeiro eu quero agradecer sua disponibilidade de você estar aqui hoje para a gente fazer essa entrevista é...minha pesquisa é baseada na questão número cinco do vestibular de dois mil e treze da UFRN essa questão é uma questão discursiva então ela é baseada nesses três itens o item a ele quer saber a definição de três parâmetros baseados nessa reação que foi dada então ela quer saber a compreensão do aluno para o dela G o Kp e a energia de ativação para o item b ele quer saber a compreensão do aluno na integração desses três parâmetros e no item c é o cálculo estequiométrico ele teria que calcular a massa do hidrogênio a partir de oito toneladas de amônia essa daqui (+) (+) é o primeiro quadro de correção da COMPERV indice de aproveitamento foi a correção da COMPERV para essa questão para todos os candidatos para os sete mil trezentos e dez candidatos e como você pode ver dois mil seissentos e quarenta e nove candidatos zeraram essa questão e somente setecentos e quarenta e nove candidatos tiraram entre setenta e seis centézimos e um, isso dá um percentual de candidatos muito pequeno e o quadro de baixo são para os cento e vinte e seis candidatos que tentaram o curso de licenciatura em química, como você pode perceber nós temos setenta e dois candidatos zeraram a questão e nós não temos nenhum candidato que realmente tenha acertado a questão inteira analisando então essas tabelas eu gostaria que você me respondesse quais as razões que você atribui baixo desempenho dos estudantes que pleiteavam uma vaga ao curso de licenciatura em química porque como você pode ver as notas dos estudandes foram baixas mas também não diferem dos demais candidatos

(PJ) boa tarde Fábria por experiencia que eu tive e que tenho sobre a questão ensino atribui-se mais a questão matemática se você perguntar em sala de aula se eles gostam de química grande parte sempre diz que gostam de química mas se você for buscar o porque eles não gostam de química você sempre chega a questão matemática então todos rotulam que não

gostam de química mediante a questão MA-TE-MÁ-TI-CA porque a gente sabe que matemática hoje é o que eles acham mais difícil, difícil compreensão difícil de abstrair então eles associam a química quando você vai para conteúdos de químicas como substâncias misturas termoquímicas às vezes ele dizem que é bom o assunto mas quando você vai para energia livre de Gibbs que trabalha a questão de energia processos energéticos e você faz uma ( ) com o  $K_p$  né? constante da pressão que é vinculado quando diminui a pressão ou aumenta a pressão você tem uma variação de energia dentro do sistema que vai implicar na energia livre de Gibbs né ... e possivelmente energia de ativação mediante a pressão então tudo isso quando se vincula que ele vai aplicar uma fórmula e que a fórmula requer cálculos matemáticos tem essa dificuldade de compreensão então eu atribuo a grande razão a uma base matemática que os alunos não tem

(PQ) Agora vou mostrar para você uma classificação que eu fiz eu corriji todas as provas analisei e classifiquei em níveis de desenvolvimento eu tenho dezesseis níveis de desenvolvimento eu trouxe seis níveis para você o aluno que acertou a questão inteira ficou classificado no nível um para o nível dois o aluno tinha que definiu dois parâmetros integrou os três parâmetros e calculou corretamente a massa do hidrogênio para item c aquele aluno definiu dois e integrou dois parâmetros e calculou corretamente a massa de hidrogênio ficou classificado no nível três para o aluno que definiu corretamente dois parâmetros integrou o parâmetros e errou o cálculo do item c o aluno ficou classificado no nível quatro eu pulei mas depois você vai entender esse nível onze foram para aqueles alunos que responderam todos os itens mas tudo incorretamente e o nível dezesseis foram para aqueles que entregaram em branco aqui eu tenho os números dos níveis...nos níveis um dois três e quatro e não tive nenhum candidato só comecei a ter algum candidato a partir do nível cinco sendo que no nível onze temos aqueles que tentaram responder mas com respostas incoerentes temos quarenta e seis e aqueles trinta e seis candidatos que nem tentaram responder diante disso você poderia me responder quais as razões você atribui ao fato de não termos nenhum candidato nos níveis um dois três e quatro sabendo que reações químicas como sistema é um conhecimento importante dentro do conhecimento químico?

(PJ) Fábria eu acredito que o nosso ensino é muito cartesiano então se veem as coisas muito separado então como se veem as coisas assim vamos pegar o meu caso particular quando na universidade eu tive que alguém relacionou dentro da termodinâmica um  $\Delta G$  a um parâmetro de energia de ativação e relacionou a um trabalho? eu não tive então a formação que nós temos é a formação que nós passamos para nosso aluno de ensino médio que foi o mesmo aluno que realizou esse exame então ele vê a coisa fragmentada

(PQ) professor quanto tempo você tem de sala de aula?

(PJ) quatorze anos

(PQ) professor ao finalizar esse trabalho eu lhe dou um retorno dos resultado por enquanto muito obrigado pela sua atenção

Professor (PF)

Pesquisador (PQ)

(PQ) professor depois de analisar as tabelas com as análises dos candidatos pela COMPERV o senhor poderia me responder quais as razões que você atribui ao baixo desempenho dos estudantes que pleiteavam uma vaga ao curso de licenciatura em química porque como você pode ver as notas dos estudandes foram baixas, mas também não diferem muito dos sete mil trezentos e dez candidatos

(PF) bom professora Fabia ao meu ver essa questão ela exige o conhecimento do significado desses parâmetros como delta G,  $K_p$  e energia de ativação eu creio que em sala de aula isso não é muito bem trabalhado a questão do significado desses temas e a relação entre eles e a reação química, assim para que a reação química aconteça e gente tem que observar esses parâmetros e isso vai identificar se o processo é espontâneo ou não ao meu ver falta o desconhecimento do significado ou então a falta de mais prática em termos de aprendizado na significação de cada tema desse (1.8) precisaria ser mais batido não somente resolver questões que eu acredito que os professores se detem muito em resolver questões...fazer conta..fazer conta..só que para fazer conta a gente tem que entender o que significa cada termo daquela conta eu creio que quando se passa para uma questão onde que não tem conta, você vai fazer uma análise sobre um certo tema eles tem mais dificuldades em sala de aula eles não foram treinados esse conceito digamos assim ele não foi batido de forma que o aluno eh::: ficasse pra ele né? que ele entendesse que ele pegasse aquele conhecimento acredito que tenha sido isso

(PQ) obrigada professor e depois de escutar e analisar os níveis de desenvolvimento vou fazer uma segunda pergunta a que o senhor atribui não encontrarmos nenhum candidato ao curso de licenciatura em química nos níveis um dois três e quatro? como você pode observar nós tivemos quarenta e seis candidatos classificados no nível onze nível esse que indica que os candidatos não escreveram nenhum resposta correta e trinta e seis pessoas entregaram a prova em branco sendo as reações químicas um conteúdo chave para o estudo

da química a que você atribui essa dificuldade dos alunos em compreender as reações químicas como um sistema?

(PF) bom na minha opinião o que acontece aqui é uma falta completa um desconhecimento completo desses temas...não sabemos o motivo não sabemos se o aluno teve contato com esses temas...mas boa parte deles não conseguiu fazer a letra a e a letra b dessa questão e grande parte trinta e seis alunos dos cento e vinte e seis deixaram a questão em branco indicando que eles não tiveram contato com esse conceito ou não sabiam se deixaram em branco é porque não sabiam ao meu ver é que eles não tiveram contato com esse conceito durante o período letivo e se tiveram não deram tanta importância ao meu ver é isso

Professor (PAP)

Pesquisador (PQ)

Email do professor enviado em 3 de dezembro de 2014.

Segundo ponto que eu observo é que TODOS os livros de ensino médio (e para ser sincero, alguns de nível superior também) ensinam equilíbrio e cinética completamente desatrelado da termodinâmica, um verdadeiro crime.

Ainda explicam deslocamento de equilíbrio por um tal de "Princípio de Le Chatelier" que não é e nunca foi um princípio. Os alunos decoram uma série de causas - consequências sem compreender cineticamente e termodinamicamente o que ocorre com o estado de equilíbrio frente às possíveis ações. Para você ter uma ideia eu ensino o conceito de  $Q_c$  e  $K_c$  dentro do curso de termodinâmica, justamente na aula em que ensino o val de Gibbs. Acredito que esta seja a maior dificuldade dos alunos: Falha na fonte de informações. Por último, acredito que "interdisciplinaridade" misturando termodinâmica, cinética e Equilíbrios é completamente contrário ao ensino compartimentalizado que, infelizmente ainda é muito praticado em nosso país e nem todo aluno consegue desenvolver esta habilidade facilmente.