

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**“Uso de modelos moleculares por alunos de Ensino Médio:
contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de
conceitos químicos”**

Ricardo Castro de Oliveira*

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do título de
DOUTOR EM CIÊNCIAS, área de
concentração: QUÍMICA.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira

*** Bolsista CNPq**

São Carlos - SP
2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

O48um

Oliveira, Ricardo Castro de.

Uso de modelos moleculares por alunos de ensino médio : contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos / Ricardo Castro de Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
220 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Química - ensino. 2. Material didático. 3. Ensino médio. 4. Aprendizagem. I. Título.

CDD: 540.7 (20^a)

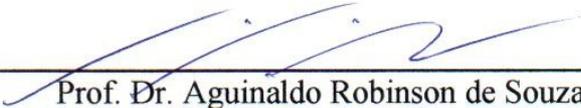
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Curso de Doutorado

*Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de tese de doutorado do candidato **Ricardo Castro de Oliveira**, realizada em 07 de dezembro de 2012:*


Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira


Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig


Prof. Dr. Luiz Antonio Andrade de Oliveira


Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza


Prof. Dr. Reginaldo Alberto Meloni

À minha mãe Celia, meu pai
Oswaldo e meu irmão Gustavo pelo carinho e
apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força e coragem para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais Celia e Osvaldo, meu irmão Gustavo, e a toda minha família pelo apoio em todos os momentos.

À Nayara, pela força e carinho em todos os momentos.

Ao professor Dr. Luiz Henrique Ferreira pela orientação e pelos ensinamentos, sempre com muita competência, dedicação e ética.

Aos professores Dr. Paulo Sergio Bretones, Dr. Massami Yonashiro e Dr^a. Ana Cláudia Kasseboehmer pelas contribuições na Qualificação e no Seminário.

Aos professores Dr. Dácio Rodney Hartwig, Dr. Luiz Antonio Andrade de Oliveira, Dr. Aguinaldo Robinson de Souza e Dr. Reginaldo Alberto Meloni pelas contribuições na defesa da Tese.

À direção e aos coordenadores pedagógicos das Escolas Públicas envolvidas neste projeto.

Aos alunos e professores envolvidos neste projeto, em especial, Adriana, Bete, Clóvis, Jorge, Márcia e Patrícia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFSCar e a todos os funcionários do Departamento de Química.

Ao grupo LENAQ pelo carinho e apoio durante esses anos de convivência.

Aos amigos do curso de Licenciatura em Química da UFSCar do ano de 2002 e a todos os amigos que contribuíram para este trabalho.

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido.

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Vantagens e desvantagens de alguns modelos moleculares segundo LIMA e LIMA-NETO (1999).....	20
TABELA 3.1 - Cronograma do minicurso.....	53
TABELA 3.2 - Cronograma da pesquisa desenvolvida ao longo do ano letivo de 2011, nas três escolas públicas selecionadas.....	56
TABELA 4.1 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A1, nos diferentes conceitos químicos.	115
TABELA 4.2 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A2, nos diferentes conceitos químicos.	119
TABELA 4.3 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A3, nos diferentes conceitos químicos.	122
TABELA 4.4 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A4, nos diferentes conceitos químicos.	126
TABELA 4.5 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B1, nos diferentes conceitos químicos.....	129
TABELA 4.6 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B2, nos diferentes conceitos químicos.....	133
TABELA 4.7 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B3, nos diferentes conceitos químicos.....	139
TABELA 4.8 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C1, nos diferentes conceitos químicos.....	142
TABELA 4.9 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C2, nos diferentes conceitos químicos.....	145
TABELA 4.10 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C3, nos diferentes conceitos químicos.....	147
TABELA 4.11 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos de todas as turmas envolvidas no projeto.	149

TABELA 4.12 – Porcentagem mínima e máxima do desempenho verificado para os conceitos químicos analisados ao longo do ano letivo.....	152
TABELA 4.13 - Motivos apontados pelos alunos por ter gostado do projeto..	153
TABELA 4.14 - Motivos apontados pelos alunos por não ter gostado do projeto	156
TABELA 4.15 - Contribuição dos modelos moleculares na aprendizagem dos alunos ao longo do ano letivo de 2011.....	157
TABELA 4.16 - Contribuição das atividades para a aprendizagem dos alunos ao longo do ano letivo de 2011.....	157
TABELA 4.17 – Níveis de dificuldade das atividades propostas ao longo do ano letivo de 2011 na visão dos alunos.....	159
TABELA 4.18 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos durante o minicurso nos diferentes conceitos químicos.....	173
TABELA 4.19 - Motivos por ter gostado do minicurso apontados pelos alunos.	174
TABELA 4.20 – Utilização dos modelos moleculares no minicurso.....	175
TABELA 4.21 - Comparação do desempenho dos alunos durante o ano letivo e o minicurso.....	177

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Relação entre um modelo, fonte e o alvo proposto por BORGES (1999).	10
FIGURA 2.2 - Representação do modelo molecular que representa a molécula do metano construído por Hoffmann em 1865.	14
FIGURA 2.3 – Modelo molecular do ácido tartárico proposto por MINNÉ (1929).	15
FIGURA 2.4 - Modelo molecular proposto por BLACK e DOLE (1941).....	16
FIGURA 2.5 - Modelo molecular desenvolvido por TANAKA (1957).....	16
FIGURA 2.6 - Modelo molecular proposto por BRUMLIK et al. (1964).....	17
FIGURA 2.7 - Modelo molecular feito de papel proposto por HE et al (1990). 18	
FIGURA 3.1 - Síntese de como serão utilizados os referenciais teóricos na análise dos dados obtidos.	59
FIGURA 4.1 – Questão 05 do questionário inicial.....	64
FIGURA 4.2 - Questão 01 do questionário inicial.....	65
FIGURA 4.3 - Questão 02 do questionário inicial.....	66
FIGURA 4.4 - Questão 03 do questionário inicial.....	67
FIGURA 4.5 - Questão 04 do questionário inicial.....	67
FIGURA 4.6 - Questão 06 do questionário inicial.....	68
FIGURA 4.7 - Questão 11 do questionário inicial.....	69
FIGURA 4.8 - Imagem da obra do pintor belga René Magritte.	70
FIGURA 4.9 - Questão 12 do questionário inicial.....	70
FIGURA 4.10 - Questão 07 do questionário inicial.....	71
FIGURA 4.11 - Questão 08 do questionário inicial.....	72
FIGURA 4.12. Questão 09 do questionário inicial.....	73
FIGURA 4.13 - Questão 10 do questionário inicial.....	73
FIGURA 4.14 - Representação do fenômeno da dissolução de NaCl em água, por alunos da pós-graduação em Química.	76

FIGURA 4.15 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 29.	77
Figura 4.16 - Representação de uma etapa da produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pela aluna 29.	78
FIGURA 4.17 - Representação da reação de combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 29.	78
FIGURA 4.18 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pela aluna 10.	80
FIGURA 4.19 - Representação de uma etapa da produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pela aluna 10.	80
FIGURA 4.20 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 10.	81
FIGURA 4.21 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pelo aluno 30.	81
FIGURA 4.22 - Representação da combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, feita pelo aluno 30.	82
FIGURA 4.23 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, feita pelo aluno 30.	82
FIGURA 4.24 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 12.	84
FIGURA 4.25 - Representação da reação de combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, realizada pelo aluno 12.	85
FIGURA 4.26 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pelo aluno 12.	85
FIGURA 4.27 - Representação da reação de combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pela aluna 10.	86
FIGURA 4.28: Representação da reação química envolvida no processo de eletrólise da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 10.	87

FIGURA 4.29 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, feita pela aluna 10.	87
FIGURA 4.30 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 09.	89
FIGURA 4.31 - Representação da reação de combustão do metano, referente à atividade 02, realizada pela aluna 09.	90
FIGURA 4.32 - Representação da reação química envolvida no processo de eletrólise da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 09.	90
FIGURA 4.33 - Representação da combustão completa do carvão referente à atividade 01, feita pela aluna 11.	91
FIGURA 4.34 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 02, feita pela aluna 11.	91
FIGURA 4.35 - Representação da reação química de formação da água, feita pela aluna 11.	92
FIGURA 4.36 - Representação das reações químicas referentes às atividades 01, 03 e 05, feitas pelo aluno 35.	93
FIGURA 4.37 - Representação das reações químicas referentes às atividades 01, 02 e 06, realizadas pelo aluno 06.	95
FIGURA 4.38 - Questão proposta na atividade 02 para avaliar o conceito de Lei de Proust.	96
FIGURA 4.39 - Primeira parte da questão envolvendo a Lei de Lavoisier, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.	99
FIGURA 4.40 - Segunda parte da questão envolvendo a Lei de Lavoisier, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.	100
FIGURA 4.41 - Questão envolvendo o conceito balanceamento químico, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 06.	102
FIGURA 4.42 - Representação da reação de combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pelo aluno 06.	103

FIGURA 4.43: Exercício envolvendo o conceito de balanceamento, referente à atividade 04, feito pelo aluno 06.	104
FIGURA 4.44 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06 feita pelo aluno 06.	104
FIGURA 4.45 – Exercício envolvendo o conceito de estequiometria, referente à atividade 01, resolvido pelo aluno 35.	107
FIGURA 4.46 - Exercício envolvendo o conceito de estequiometria, referente à atividade 06, feito pelo aluno 35.	107
FIGURA 4.47 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 36.	109
FIGURA 4.48 - Representação da reação de formação da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 36.	110
FIGURA 4.49 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 36.	110
FIGURA 4.50 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 21.	111
FIGURA 4.51 - Representação de uma das etapas de produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pelo aluno 21.	111
FIGURA 4.52 - Representação da reação de formação da água, referente à atividade 05, realizada pelo aluno 21.	112
FIGURA 4.53 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.	113
FIGURA 4.54 - Representação da combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, feita pelo aluno 30.	113
FIGURA 4.55 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pelo aluno 30.	114
FIGURA 4.56 - Questão 11 do questionário inicial.	118
Figura 4.57 - Questão 12 do questionário inicial.	129
Figura 4.58 - Questão 11 do questionário inicial.	132

FIGURA 4.59 - Questão 01 do questionário inicial.....	136
FIGURA 4.60 - Questão 03 do questionário inicial.....	137
FIGURA 4.61 - Questão 04 do questionário inicial.....	137
FIGURA 4.62 - Questão 09 do questionário inicial.....	138
FIGURA 4.63 - Questão 12 do questionário inicial.....	139
FIGURA 4.64 - Representação da molécula de glicose, durante o minicurso.	164
FIGURA 4.65 - Representação da molécula do biodiesel, durante o minicurso.	165
FIGURA 4.66 - Representação da combustão do dióxido de enxofre, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.....	165
FIGURA 4.67 - Representação da reação química de formação do ácido sulfúrico, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.....	166
FIGURA 4.68 - Representação da formação do etanol, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.	166
FIGURA 4.69 – Representação da formação dos gases hidrogênio e oxigênio pelo processo de eletrólise da água, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.	167
FIGURA 4.70 – Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e Lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.	168
FIGURA 4.71 - Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.	168
FIGURA 4.72 - Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e Lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.	169
FIGURA 4.73 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.....	169
FIGURA 4.74 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.....	170
FIGURA 4.75 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.....	170

FIGURA 4.76 – Representação da reação de formação do etanol a partir da glicose, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.....	171
FIGURA 4.77 – Representação da reação de formação do hidrogênio pelo processo de eletrólise da água, realizada pela aluna 06, durante o minicurso..	171
FIGURA 4.78 – Representação da reação de formação do etóxido de sódio, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.....	172
FIGURA 4.79: Representação da reação de formação do biodiesel, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.....	172

RESUMO

USO DE MODELOS MOLECULARES POR ALUNOS DE ENSINO MÉDIO: CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MENTAIS DE CONCEITOS QUÍMICOS – Este trabalho teve por objetivo analisar a contribuição dos modelos moleculares para o processo de evolução dos modelos mentais de alunos do primeiro ano do Ensino Médio, em relação aos seguintes conceitos químicos: substância, reagentes, produtos, rearranjo, Lei de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e a representação submicroscópica de reações químicas. O projeto contou com a participação de 335 alunos e 06 professores de Química de três escolas públicas da região de São Carlos/SP. A coleta de dados foi realizada em duas etapas: a primeira ocorreu durante o ano letivo de 2011, nas escolas, e a outra no período de férias dos alunos, durante um minicurso realizado nas dependências do Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ), da Universidade Federal de São Carlos/SP. Foram elaboradas atividades envolvendo os conceitos mencionados e cada aluno dispunha de um kit do modelo molecular Atomlig[®] e de uma balança de plástico, que poderiam ser utilizados para auxiliar nas questões propostas. Os dados foram coletados por meio de registros escritos, entrevistas e filmagens. Foi possível constatar que a maioria dos alunos (47,2%) apresentou uma evolução significativa nos modelos mentais dos conceitos químicos selecionados. Uma parcela considerável (45,1%) apresentou uma oscilação em relação à compreensão dos conceitos, enquanto alguns alunos (7,4%) mantiveram o desempenho constante e a minoria (0,3%) apresentou uma regressão, ao longo do ano letivo. Os dados permitiram inferir que, de maneira geral, os alunos apresentaram indícios de aprendizagem significativa durante o minicurso, o que evidencia a relevância dos modelos moleculares para o processo de evolução dos modelos mentais dos alunos.

ABSTRACT

USE OF MOLECULAR MODELS BY HIGH SCHOOL STUDENTS: CONTRIBUTIONS TO THE DEVELOPMENT OF MENTAL MODELS OF CHEMICAL CONCEPTS - This study aimed to analyze the contribution of molecular models to the evolution process of the mental models of first grade high school students regarding the following chemical concepts: substance, reactants, products, rearrangement, Proust's Law, Lavoisier's Law, balancing, stoichiometry and submicroscopic representation of chemical reactions. The project involved the participation of 335 students and 06 teachers from three public schools in the region of São Carlos/SP. Data collection was performed in two stages: the first one took place at the schools during the 2011, school year, and the other occurred during a short course offered for the students, in the vacation period, at the Laboratory for Chemistry Teaching and Learning (LENAQ) of the University Federal of São Carlos/SP. Activities that addressed the concepts mentioned were elaborated and each student had an Atomlig[®] molecular model kit and a plastic balance that could be used to help solving the questions. Data were collected through written records, interviews and filming. It was found that most students (47.2%) showed a significant evolution of the mental models for the selected chemical concepts. A considerable portion (45.1%) showed an oscillation with respect to understanding of the concepts, while some students (7.4%) kept a constant performance and a minority (0.3%) showed a regression throughout the school year. The data allowed us to infer that, in general, students showed evidence of significant learning during the short course, highlighting the relevance of molecular models to the evolution process of student's mental models.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO: INTRODUÇÃO	1
Ensino de Química	1
1.2. Materiais Didáticos no Ensino	4
CAPÍTULO 2: REFERENCIAIS TEÓRICOS	9
2.1. O uso de Modelos no Ensino de Ciências	9
2.2. Modelos Moleculares.....	14
2.2.1. Breve histórico da utilização dos modelos moleculares	14
2.2.2. A utilização dos modelos moleculares no Ensino de Química	18
2.3. A teoria dos Modelos Mentais	22
2.3.1. A natureza dos modelos mentais.....	26
2.3.2. Tipologia dos modelos mentais.....	28
2.3.3. Modelos mentais na visão de outros autores.....	29
2.4. Noção de perfil conceitual	34
2.5. A teoria da Aprendizagem Significativa.....	37
CAPÍTULO 3: QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA.....	43
3.1. Questão de Pesquisa.....	43
3.2. Procedimentos metodológicos	44
3.2.1. Instrumentos de coleta de dados	45
3.2.1.1. Questionário inicial	45
3.2.1.2. Atividades em sala.....	46
3.2.1.3. Entrevista.....	49
3.2.1.4. Filmagem.....	50
3.2.1.5. Questionário final	51
3.2.1.6. Diário de campo	51
3.2.1.7. Minicurso.....	52
3.2.2. Coleta de dados nas escolas.....	54

3.2.3. Considerações sobre a coleta de dados na escola.....	58
3.2.4. Considerações sobre a análise dos dados	58
3.3. Caracterização dos sujeitos e do ambiente de Pesquisa	60
Escola A.....	60
Escola B.....	60
Escola C.....	61
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
Escola A - Turma A1	62
4.1. Desempenho da turma A1 no questionário inicial.....	63
4.2. Desempenho dos alunos da turma A1 nos diferentes conceitos químicos ao longo do ano letivo.	75
Escola A - Turma A2	118
Escola A - Turma A3	122
Escola A - Turma A4	125
Escola B - Turma B1.....	128
Escola B - Turma B2.....	131
Escola B - Turma B3.....	136
Escola C – Turma C1	142
Escola C - Turma C2.....	144
Escola C – Turma C3	147
4.3. Desempenho geral dos alunos das três escolas ao longo do ano letivo..	149
4.4. Considerações sobre os conceitos químicos analisados	151
4.5. Avaliação do projeto pelos alunos	153
4.6. Avaliação do projeto pelos professores	160
4.7. Minicurso	163
4.8. Considerações sobre a coleta de dados no minicurso.....	164
4.9. Desempenho dos alunos no minicurso	165
4.10. Desempenho dos alunos no ano letivo e no minicurso	176

CAPÍTULO 5: CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....180

Conclusões 180

Considerações finais 183

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS185

APÊNDICES

Apêndice 01: Questionário inicial.

Apêndice 02: Atividade 01 do ano letivo.

Apêndice 03: Atividade 02 do ano letivo.

Apêndice 04: Atividade 03 do ano letivo.

Apêndice 05: Atividade 04 do ano letivo.

Apêndice 06: Atividade 05 do ano letivo.

Apêndice 07: Atividade 06 do ano letivo.

Apêndice 08: Avaliação do projeto pelos alunos.

Apêndice 09: Guia de entrevista com os alunos.

Apêndice 10: Guia de entrevista com os professores.

Apêndice 11: Atividade 01 do minicurso.

Apêndice 12: Atividade 02 do minicurso.

Apêndice 13: Atividade 03 do minicurso.

Apêndice 14: Atividade 04 do minicurso.

Apêndice 15: Atividade 05 do minicurso.

Apêndice 16: Avaliação do minicurso pelos alunos.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

“Do bem e do mal que andam pelos caminhos da vida são em boa parte responsáveis aqueles que se consagram com alma ou sem ela à obra da educação. É deles que depende, não direi todo, mas uma parcela considerável do destino humano.”

Faria de Vasconcelos.

O capítulo 1 traz algumas considerações sobre o Ensino de Química. Nele é apresentada uma discussão acerca da relevância da Química, assim como alguns aspectos relacionados às dificuldades enfrentadas pelos alunos para a sua compreensão. O presente capítulo contém, ainda, uma breve discussão a respeito da utilização dos materiais didáticos no ensino, enfocando os mais utilizados pelos professores, tais como o livro didático e as imagens.

1.1. ENSINO DE QUÍMICA

A compreensão da Química se faz importante, uma vez que está diretamente relacionada ao desenvolvimento científico-tecnológico e proporciona importantes contribuições para a sociedade. Nesse contexto, o ensino de Química desempenha um papel essencial na formação do cidadão crítico, capaz de posicionar-se perante os problemas encontrados no dia a dia.

De acordo com CHASSOT (1993, p. 39), a Química se refere a uma linguagem e esta deve ser um facilitador da leitura do mundo. Para reforçar essa ideia, o autor apresenta um exemplo de dois cidadãos, um alfabetizado e outro analfabeto, tentando comprar passagens em um grande terminal rodoviário. É evidente que o primeiro terá mais facilidade para conseguir seu intuito, se comparado ao segundo. O mesmo acontece com um indivíduo que conhece um

pouco de Química. Diante de uma notícia de um desastre nuclear ou mesmo o uso indevido de agrotóxicos, ele terá condições de fazer uma leitura mais criteriosa e posicionar-se criticamente ante a informação.

No entanto, CHASSOT (1993) aponta que o conhecimento químico é apresentado ao aluno no contexto asséptico da escola, como se aquilo fosse aplicado somente na sala de aula. Dessa maneira, o aluno não consegue relacionar o conteúdo com a sua realidade, o que torna o ensino “sem sentido” e desmotivante. Diante disso, surgem diversos questionamentos, tais como: Por que tenho que aprender isso, qual a utilidade disso para a minha vida?

Ainda de acordo com CHASSOT (1993):

[...] é provável que quando nos perguntamos ‘porque estou ensinando esse conteúdo?’ e não temos uma resposta convincente, é porque, provavelmente, este conteúdo é inútil para os estudantes, ou é útil apenas, para manter ainda mais a dominação [...]. (CHASSOT, 1993, p.46)

Aliado à falta de conexão entre o conteúdo escolar e a realidade vivenciada pelos alunos, PIO e JUSTI (2006) apontam que as dificuldades de aprendizagem em Química muitas vezes estão relacionadas à falta de compreensão dos conceitos envolvidos, e uma das causas pode estar associada ao pouco tempo destinado ao desenvolvimento do pensamento no nível atômico molecular.

A literatura na área de Ensino de Química relata a importância de abordagens de fenômenos químicos no nível submicroscópico para o aprendizado de conceitos. No entanto, essa forma de abordagem é pouco utilizada em aulas de Química, seja pela pouca habilidade de desenhar por parte dos professores ou pela ausência de materiais didáticos apropriados.

Aliado ao nível de compreensão submicroscópico, o professor deve vincular o conteúdo de Química ao nível macroscópico e simbólico, de acordo com os níveis de compreensão do conhecimento propostos por JOHNSTONE (1993). Para este autor, a aprendizagem em Química se dá quando o aluno

consegue transitar livremente por esses três níveis de compreensão do conhecimento químico.

No entanto, o que se observa, é que a maioria dos professores enfatiza o nível simbólico, priorizando um ensino puramente mecânico, no qual predominam a aplicação de fórmulas, cálculos e nomenclatura de compostos químicos, sendo função dos alunos memorizá-las, visando à aprovação para a série seguinte ou no vestibular.

Para que ocorra a aprendizagem, é fundamental que o conteúdo faça sentido e que seja motivante para o aluno. Para isso, o professor pode adotar diferentes estratégias de ensino e materiais didáticos diferenciados. No caso da Química, que contém inúmeros conceitos abstratos, os modelos moleculares, por exemplo, podem ser um material importante, no sentido de tornar os conceitos menos abstratos e mais próximos dos alunos. O fato de ser manipulável e permitir a visualização de moléculas no espaço tridimensional, conforme apontam LIMA e LIMA-NETO (1999) pode contribuir satisfatoriamente para a aprendizagem dos alunos.

De acordo com OBLINGER (1993),

Se o professor fica na frente da sala e apenas fala com os alunos, eles irão reter somente cerca de 20% do que ouvem. Alunos que vêem e ouvem informações, podem reter cerca de 40% da informação que é transmitida. Mas estudantes que vêem, ouvem e que estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retêm aproximadamente 75% das informações (OBLINGER, 1993, p. 247).

Os modelos moleculares podem proporcionar um maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem, o que contribui para a aquisição do conhecimento. Para BUSQUETS (1997), o esquecimento dos conteúdos de Ciências chega a ser quase completo após a conclusão dos estudos. Existem fortes evidências de que o cérebro humano retém, principalmente, os conhecimentos que se apresentam como sendo úteis e descarta os que lhe parecem desnecessários. Tal fato ocorre porque a memória se organiza,

principalmente, a partir da atribuição de significado e este se desenvolve estabelecendo relação entre a nova informação e aquilo que já é conhecido. Sendo assim, o conhecimento não consolidado é esquecido mais facilmente (BUSQUETS, 1997). Daí, então, a importância da busca por metodologias e materiais didáticos, no sentido de contribuir para o processo de consolidação do conhecimento pelo aluno.

O tópico a seguir apresenta uma discussão a respeito da utilização dos materiais didáticos no Ensino.

1.2. Materiais Didáticos no Ensino

Os materiais didáticos são amplamente utilizados no processo de ensino e aprendizagem. Para FISCARELLI (2008):

Um material didático é todo ou qualquer material que o professor possa utilizar em sala de aula: desde os mais simples como o giz, a lousa, o livro didático, os textos impressos, até os mais sofisticados e modernos (FISCARELLI, 2008, p. 19).

No entanto, para ser um componente auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, NÉRICI (1968) aponta que os materiais didáticos devem ser adequados ao assunto da aula, ser de fácil manejo e apresentar um bom estado de funcionamento, uma vez que os problemas que surjam podem chamar mais a atenção dos alunos do que o próprio recurso em si.

NÉRICI (1968, p. 209) aponta que os materiais didáticos têm as seguintes finalidades:

- ✓ Aproximar o aluno da realidade do que se quer ensinar;
- ✓ Motivar a aula;
- ✓ Facilitar a compreensão dos fatos e conceitos;
- ✓ Concretizar e ilustrar o que está sendo exposto verbalmente;

- ✓ Auxiliar a fixação da aprendizagem pela impressão mais viva e sugestiva que o material pode provocar;
- ✓ Oferecer oportunidade de manifestação de aptidões e desenvolvimento de habilidades específicas com manuseio de aparelhos ou de sua construção pelos alunos.

Os materiais didáticos contribuem satisfatoriamente para a aprendizagem dos alunos, além de tornar a aula menos cansativa. Para FISCARELLI (2008):

[...] não basta somente a fala do professor em sala de aula, o excesso de verbalismo desestimula os alunos e deixa a aula mais cansativa. É necessário diminuir as palavras e aumentar a presença de objetos concretos que tragam um pouco da realidade imediata vivida por todos para a sala de aula (FISCARELLI, 2008, p. 77).

Para FISCARELLI (2008), a presença de objetos concretos pode aproximar o ensino da realidade dos alunos. É importante ressaltar que os objetivos pedagógicos do professor devem orientar o tipo e a escolha dos materiais didáticos a serem utilizados durante a sua prática. Desde que explorados de maneira planejada e criteriosa, os diferentes materiais didáticos podem contribuir para despertar o interesse dos alunos pelo conhecimento científico e, assim, promover uma aprendizagem significativa.

Ressalta-se que os materiais didáticos apresentam a função de auxiliar os alunos no processo de aprendizagem, além de facilitar a prática do professor no dia a dia escolar. No entanto, tais materiais apresentam limitações e não podem ser encarados como a “salvação” de todos os problemas relacionados à aprendizagem da Química.

Entre os inúmeros materiais disponíveis, o livro didático é amplamente utilizado pelos professores. De acordo com FREITAG (1993), esse recurso tem atuado como autoridade absoluta a uma clientela com deficiências de formação e, em grande parte, é representativo do que se tem ministrado em

sala de aula. Embora tal argumentação remeta à década de 1990, ainda se mantém atual, em uma época marcada pela distribuição gratuita dos livros didáticos para os alunos da rede pública de ensino, por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), implantado pelo Governo Federal.

O livro didático é utilizado pelo professor em diferentes situações, tais como no planejamento da aula, como fonte bibliográfica, no apoio às atividades complementares de aula e extraescolares, como por exemplo, na leitura de textos e incentivo a debates e pesquisas (NETO; FRACALANZA, 2003).

Outro recurso relevante e amplamente utilizado se refere à imagem. De acordo com MARTINS e GOUVÊA (2005), a linguagem visual constitui um sistema simbólico de representação e revela um processo de construção de sentidos nos quais se inter-relacionam a intenção do autor, a materialidade do texto e as possibilidades de ressignificação do leitor.

De acordo com SILVA et al. (2006), a utilização de imagens é essencial nas práticas de ensino e desempenha um papel pedagógico importante no processo de construção do conhecimento. Dessa forma, as imagens apresentam uma relação estreita com os modelos mentais dos alunos e, portanto, devem ser valorizadas e exploradas pelo professor.

Segundo SILVA et al. (2006), a compreensão de conceitos e fenômenos pode ser potencializada pelos aspectos destinados às imagens, assim como as ideias que podem transmitir. Dessa maneira, a utilização adequada de imagens no ensino pode contribuir para a compreensão dos conceitos científicos.

No entanto, KIILL (2009) aponta que as imagens utilizadas na representação do conhecimento nos livros didáticos de Química, aprovados pelo PNLEM/2007, não se classificam quanto às dimensões cognitivas, sendo, portanto, meramente ilustrativas, o que pouco (ou nada) contribui para a aprendizagem dos alunos.

Para que as imagens tragam um efeito satisfatório para a compreensão do texto escrito, elas devem apresentar, além do conceito macroscópico, outros que não apenas o caráter ilustrativo. É importante, ainda, correlacioná-las para que não descrevam apenas os fenômenos químicos, mas covariem suas propriedades, assumindo um papel importante na significação do conhecimento (KIILL, 2009).

Como salienta KIILL (2009), a exploração adequada dos níveis de compreensão do conhecimento químico permite o desenvolvimento de processos internos que conduzem os alunos à atribuição de significados e, conseqüentemente, a uma aprendizagem significativa. Ainda nesse sentido, COSTA (2005) enfatiza que as imagens estão intimamente relacionadas à construção de representações internas, ou seja, é possível, por meio delas, elaborar modelos mentais para explicar um conceito ou um fenômeno.

É importante ressaltar que, apesar de as imagens constituírem um recurso importante na aprendizagem, elas apresentam limitações que podem ser contornadas com a utilização de outros materiais didáticos, como por exemplo, os modelos moleculares. Diferentemente das imagens, os modelos moleculares, como já comentados, são manipuláveis, o que contribui para tornar o conteúdo de Química menos abstrato e mais próximo dos alunos.

Levando-se em consideração que a explicação dos fenômenos químicos se dá por meio de representações submicroscópicas, a utilização dos modelos moleculares pode ser um aliado importante no processo de elaboração e evolução dos modelos mentais dos alunos, e contribuir para proporcionar uma aprendizagem significativa.

Este trabalho está organizado em capítulos. No capítulo 2 são apresentados os referenciais teóricos que embasaram a presente pesquisa, entre eles: o uso de modelos no ensino de Ciências, a utilização dos modelos moleculares no ensino de Química, a teoria dos Modelos Mentais, a noção de Perfil Conceitual e a teoria da Aprendizagem Significativa. O capítulo 3 expõe

a questão de pesquisa e os procedimentos metodológicos, enfocando os instrumentos de coleta de dados: questionários, atividades em sala, entrevistas, filmagens, diário de campo e minicurso. No capítulo 4, estão os resultados da pesquisa. Nele, é discutido o desempenho dos alunos no questionário inicial, nas atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo e durante o minicurso. O capítulo 5 apresenta a conclusão e as considerações finais do trabalho.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAIS TEÓRICOS

“A educação é um processo social, é desenvolvimento. Não é a preparação para a vida, é a própria vida.”

John Dewey.

O presente capítulo apresenta os referenciais teóricos desta pesquisa, entre eles a importância da utilização de Modelos no Ensino de Ciências, o uso dos modelos moleculares no Ensino de Química, a Teoria dos Modelos Mentais proposta por JOHNSON-LAIRD (1983), a noção de Perfil Conceitual de MORTIMER (1995) e a Teoria da Aprendizagem Significativa desenvolvida por AUSUBEL et al. (1980).

2.1. O uso de Modelos no Ensino de Ciências

Diversas são as definições apresentadas para o termo “modelo”. Para HARDWICKE (1995), um “modelo” se refere a uma forma de representação de um objeto ou mesmo de um conceito científico.

De acordo com GILBERT e BOULTER (1998, p.13) *“um modelo pode ser definido como uma representação de uma idéia, objeto, um evento, um processo ou um sistema”*. Segundo esses autores, a aprendizagem em Ciências envolve, necessariamente, a utilização e compreensão de modelos, visto que estão diretamente relacionados à explicação dos fenômenos da natureza.

Para FERREIRA e JUSTI (2008) um modelo pode ser entendido como uma representação parcial de um objeto, evento ou ideia, elaborada com objetivos determinados, tais como facilitar a visualização de um fenômeno; fundamentar a elaboração e o teste de novas ideias, assim como possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre o comportamento e as propriedades de um sistema. De acordo com esses autores, um modelo *“não é uma cópia da*

realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta” (FERREIRA; JUSTI, 2008, p.32).

Segundo BORGES (1999) um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, ideia, evento ou de um processo. O autor estabelece, ainda, as relações existentes na linguagem de modelos, conforme a figura 2.1.

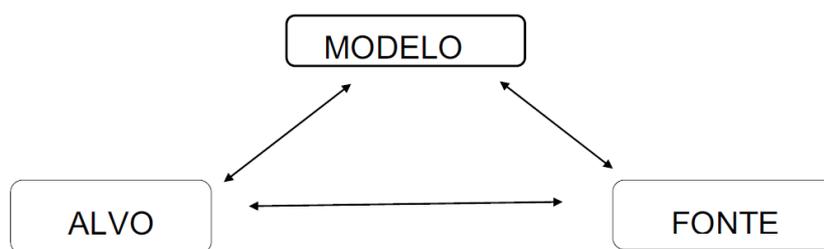


FIGURA 2.1 - Relação entre um modelo, fonte e o alvo proposto por BORGES (1999).

De acordo com BORGES (1999) o sistema conhecido é denominado de fonte, enquanto o desconhecido é o alvo. Por meio de analogias, os modelos são utilizados como uma ponte entre os dois sistemas na tentativa de explicar o fenômeno desconhecido.

Para CHASSOT (2007), os modelos sofrem modificações mediante novas leituras sobre um fenômeno. Para exemplificação, estabelece relações entre diferentes modelos para explicar as ligações químicas presentes no cloreto de sódio e na molécula de hidrogênio.

Se quisermos explicar as ligações que ocorrem em um cristal de cloreto de sódio, o modelo atômico proposto por Bohr (1875-1962) é razoavelmente adequado e nos ajuda a compreender como ocorre a formação de cátions e ânions e como entre estes se estabelecem interações para a estruturação de um edifício cristalino. Se quisermos explicar uma molécula, aparentemente simples, como a de hidrogênio: H_2 , este mesmo modelo oferece muitas limitações. Para explicar, mais consistentemente, como dois átomos de hidrogênio formam uma molécula H_2 é preciso que se tenha o conceito de orbital, que não está presente no modelo de Bohr. (CHASSOT, 2007, p. 162)

O exemplo citado por CHASSOT (2007) mostra que, em algumas situações, um determinado modelo não é o mais adequado para explicar um fenômeno, por uma série de limitações. Nesse caso, o modelo é substituído por outro mais abrangente e completo, capaz de explicar pontos não abrangidos pelo anterior (KUHN, 1989).

Para GIBIN e FERREIRA (2010) a utilização de modelos é fundamental para o progresso da Ciência e parte integral da aquisição do conhecimento pelo ser humano. Para estes autores, tanto os cientistas quanto os leigos constroem explicações sobre um fenômeno de maneira semelhante, porém, com graus de complexidade e rigor diferentes.

É importante ressaltar a diferença entre modelos para a Ciência e modelos para o Ensino de Ciências. Enquanto o primeiro visa contribuir para a construção de teorias, o segundo apresenta uma série de objetivos pedagógicos para facilitar a compreensão da Ciência.

Para FRANCISCO JUNIOR et al. (2009), a Ciência cria modelos para representar e explicar o mundo. Para esses autores, “aprender Ciências requer trabalhar com modelos, e trabalhar com modelos requer a capacidade de abstração, isto é, de formar imagens mentais sobre os fenômenos, bem como a consciência de que um modelo é a representação mais próxima, naquele momento, de um evento real” (FRANCISCO JUNIOR et al., 2009, p.83). Ainda nesse sentido, ROQUE e SILVA (2008) enfatizam que a Ciência explica os fenômenos da natureza por meio dos modelos, no caso da Química, representados pelas fórmulas estruturais, equações, gráficos, figuras e afins.

De acordo com MENDONÇA e JUSTI (2005), a utilização de modelos no ensino tem como objetivo ajudar os alunos a modificarem suas ideias, assim como elaborar conhecimentos que auxiliem na compreensão das visões aceitas pela Ciência. Aliado a isso, a sua utilização pode ser justificada pela natureza fortemente abstrata dos conceitos, uma vez que os modelos são propícios para a visualização de entidades abstratas, o que conduz a uma

compreensão significativa do conhecimento pelos alunos (MENDONÇA e JUSTI, 2005). BARAB et al. (2000) acrescentam, ainda, que o ensino por meio da utilização de modelos promove um aprendizado participativo, com situações que estimulam a participação dos alunos em busca de significados e representações.

Para FERREIRA (2006), um modelo é amplamente utilizado no Ensino de Ciências para facilitar a aprendizagem de diferentes conceitos. No entanto, para que isso aconteça, o modelo de estudo deve preservar a estrutura conceitual do modelo aceito cientificamente. Diversos estudos, tais como os de FRANCISCO JUNIOR (2009) e MONTEIRO e JUSTI (2000) têm evidenciado problemas em relação à utilização de analogias e modelos no Ensino de Química. Ressalta-se que muitos desses problemas não estão relacionados ao modelo em si, mas à adequação do seu uso ou mesmo na ausência de uma discussão referente às suas aplicações e limitações (FERREIRA, 2006).

Para MENDONÇA e JUSTI (2005), os modelos exercem um papel importante no Ensino de Química, uma vez que muitas explicações de fenômenos químicos envolvem conceitos abstratos e de difícil compreensão por parte dos alunos. Dessa forma, GILBERT e BOULTER (1998) apontam que um modelo pode ser usado como ponte entre as abstrações da teoria e as ações concretas de uma situação. Dentro dessa perspectiva, a utilização de modelos pode contribuir diretamente para a aprendizagem dos alunos.

De acordo com CLEMENT (2000), o uso de modelos contribui diretamente para a compreensão que vai além da simples memorização de fórmulas e equações. Para esse autor, a utilização de modelos não é importante apenas no sentido de proporcionar uma educação que apresenta sentido para o aluno por meio de “explicações satisfatórias”, mas também por desenvolver uma forma de conhecimento flexível que pode ser empregada em diferentes situações.

Diversos estudos (COLLINS & GENTNER, 1987; NERSESSIAN, 1999; VOSNIADOU, 2002;) têm demonstrado que a utilização de modelos no ensino vem contribuindo satisfatoriamente para a aprendizagem dos alunos. Aliada a esse aspecto, a interação dos alunos em atividades envolvendo os modelos proporciona uma boa oportunidade para que o professor acompanhe as ideias dos estudantes em relação a diferentes modelos aceitos pela comunidade científica (DUIT & GLYNN, 1996).

Estudos desenvolvidos por GROSSLIGHT et al. (1991) e HARRISON & TREAGUST (1996) apontaram que muitos alunos apresentam dificuldades para a compreensão do conceito “modelo”. Por meio desses estudos, foi possível levantar algumas concepções alternativas: só pode ser construído um modelo a partir de alguma coisa visível; os modelos se referem à cópia exata da realidade, adotando a forma de miniatura do fenômeno ou objeto em questão; existe uma correspondência perfeita e exata a respeito do modelo e de sua representação.

De acordo com FERREIRA (2006), é importante que o aluno perceba que os modelos apresentam limitações e que não são representações fidedignas da realidade. Além disso, deve ficar claro que essas limitações fazem parte do modelo elaborado e, mesmo que sejam feitas alterações para melhorar a sua exatidão, ele continuará sendo apenas uma representação parcial de um fenômeno ou objeto. Segundo FERREIRA (2006),

A atividade de construir modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas através das quais ele vai poder explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais abrangentes. Dessa forma, ocorre uma integração entre o conhecimento conceitual e a construção de modelos, em que o conhecimento do estudante permite criar modelos e os modelos contribuem para o desenvolvimento e a construção de novos conhecimentos. (FERREIRA, 2006, p. 14)

Diante desse contexto, os modelos assumem um papel importante no ensino de Química, sendo que uma das formas de elaborá-los se dá por meio da utilização de modelos moleculares.

2.2. Modelos Moleculares

É consenso, entre diversos pesquisadores, que a utilização dos modelos moleculares no ensino de Química contribui para a aprendizagem dos alunos (FERREIRA; TOMA 1982; LIMA; LIMA-NETO, 1999; MIGLIATO FILHO, 2005). A seguir será apresentado um breve histórico sobre a utilização desse material didático no Ensino de Química.

2.2.1. Breve histórico da utilização dos modelos moleculares

A existência dos modelos moleculares é antiga. De acordo com ROQUE e SILVA (2008), no ano de 1865, Hoffmann apresentou um modelo molecular produzido a partir de bolas e varas de madeira para representar a molécula do metano. Esse modelo apresentava uma estrutura rígida, conforme visualizado na figura 2.2.

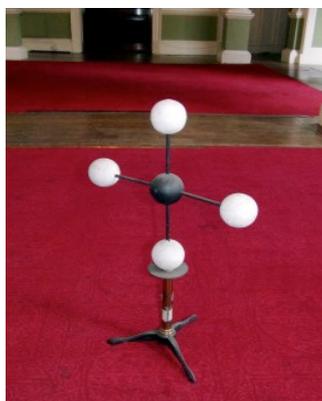


FIGURA 2.2 - Representação do modelo molecular, que representa a molécula do metano, construído por Hoffmann em 1865 (Disponível em: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molecular_Model_of_Methane_Hofmann.jpg, Acessado em 05 de setembro de 2012).

ROQUE E SILVA (2008) mencionam que, nessa época, um dos grandes desafios dos cientistas consistia na determinação da constituição da molécula, ou seja, na determinação do número de átomos envolvidos nas moléculas, assim como a conectividade entre eles.

O desafio de representar as moléculas em três dimensões surgiu após a descoberta de Pasteur, referente ao desvio do plano da luz polarizada, proveniente do ácido tartárico, aliada à forma tetraédrica proposta por Van't Hoff e Le Bell para o átomo de carbono. Tal fato proporcionou um avanço em relação à produção dos modelos moleculares, e muitos passaram a apresentar bolas e molas, tornando-os, assim, um importante instrumento para o estudo da Química (ROQUE E SILVA, 2008).

Com o passar do tempo, outros modelos moleculares foram sendo propostos. De acordo com APPELT et al. (2009), vários deles surgiram no final da década de 20. O primeiro foi desenvolvido por MINNÉ (1929) para demonstrar a presença dos estereoisômeros do ácido tartárico. Para esse modelo, foram utilizadas rolhas de cortiça e bastões de vidro, conforme visualizado na figura 2.3.

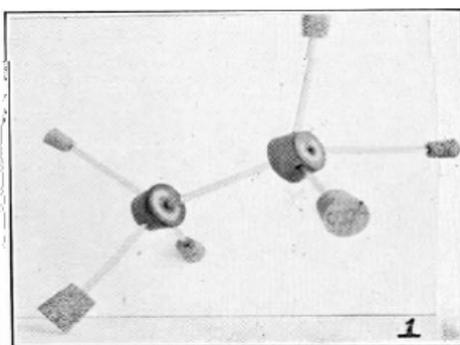


FIGURA 2.3 – Modelo molecular do ácido tartárico proposto por MINNÉ (1929).

BRODE e BOOM (1932) propuseram o uso de modelos estruturais em um curso de Química Orgânica Experimental, no intuito de trabalhar os conceitos de séries homólogas e isomerismo.

BLACK e DOLE (1941) desenvolveram um modelo molecular a partir de esferas de madeira ligadas umas às outras, por meio de botões de pressão. Tais modelos foram amplamente utilizados na visualização das ligações químicas e das rotações em torno dessas ligações. A figura 2.4 ilustra esse modelo.

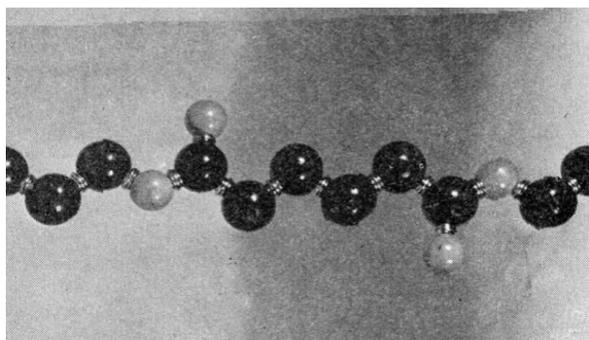


FIGURA 2.4 - Modelo molecular proposto por BLACK e DOLE (1941).

CAMPBELL (1948) sugeriu a confecção de modelos moleculares para os diversos átomos da tabela periódica, obedecendo a proporção de 1 polegada para 1 Ângstron. Esses modelos foram utilizados, posteriormente, para a montagem de diversas estruturas químicas.

TANAKA (1957) propôs a elaboração de modelos moleculares utilizando materiais de baixo custo e de fácil aquisição. Para isso, ele utilizou cera para a produção das esferas, palitos de madeira para representar as ligações químicas entre os átomos e tiras de borracha para representar as ligações múltiplas, conforme ilustrado na figura 2.5.

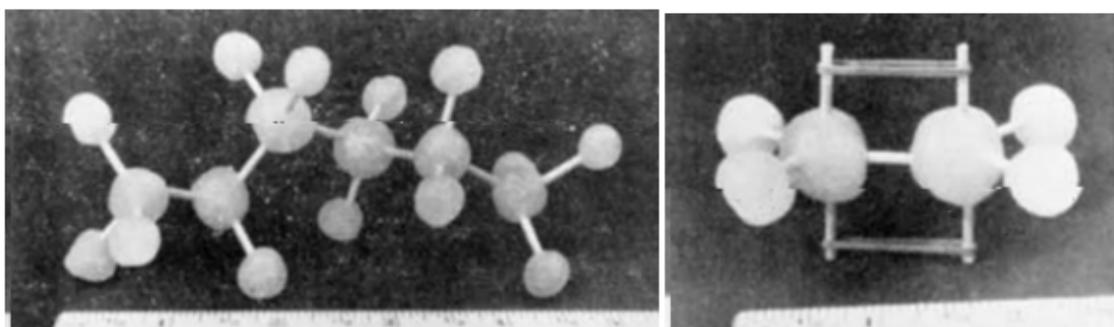


FIGURA 2.5 - Modelo molecular desenvolvido por TANAKA (1957).

ANKER (1959) propôs a construção de modelos moleculares a partir de esferas de borracha conectadas umas às outras por meio de palitos de madeira. No mesmo ano, PIERCE (1959) destacou a receptividade dos alunos em relação aos conceitos de geometria molecular após a construção de modelos moleculares com materiais de fácil acesso.

BRUMLIK et al. (1964) propuseram a construção de modelos moleculares feitos de metal. No entanto, estes representavam apenas o esqueleto da cadeia carbônica, conforme apresentado na figura 2.6.

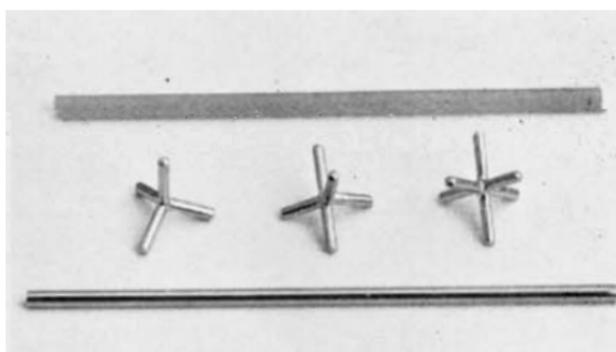


FIGURA 2.6 - Modelo molecular proposto por BRUMLIK et al. (1964).

LARSON (1964) propôs a elaboração de modelos moleculares semelhantes aos de BRUMLIK et al. (1964), porém, substituindo o metal por arames recobertos por uma película plástica, com diferentes colorações para representar os diversos átomos.

HE et al. (1990) propuseram a construção de modelos moleculares utilizando papel. Tal recurso possibilitou a representação de diferentes geometrias, tais como a tetraédrica, trigonal, bipiramidal, entre outras, conforme visualizado na figura 2.7.

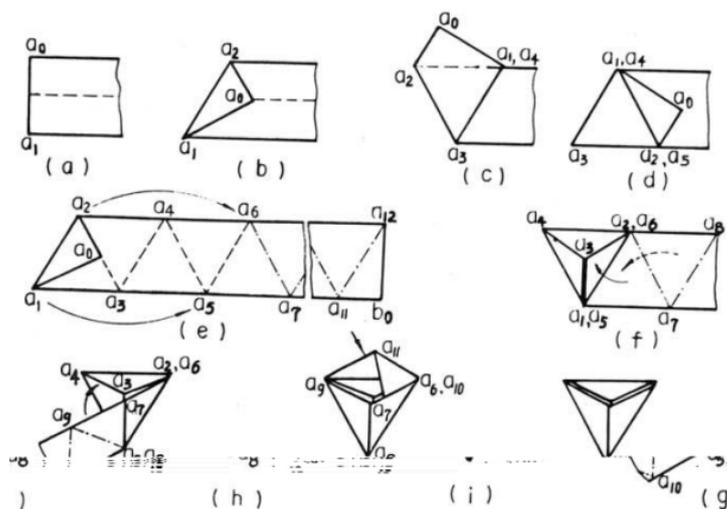


FIGURA 2.7 - Modelo molecular feito de papel proposto por HE et al (1990).

A partir da década de 90, os modelos moleculares computacionais começam a ganhar destaque. Vários trabalhos sobre a sua utilização no ensino de Química foram relatados, entre eles os de FERREIRA et al. (2011); RAUPP et al. (2010); MORAES et al. (2008); ANJOS (2004).

2.2.2. A utilização dos modelos moleculares no Ensino de Química

Os modelos moleculares são amplamente empregados no Ensino de Química. De acordo com MIGLIATO FILHO (2005), a sua utilização pode tanto esclarecer ideias e pensamentos, como também levar os alunos a interpretações equivocadas sobre um conceito ou fenômeno. Dessa maneira, o professor assume um papel essencial na condução da atividade, cabendo a ele esclarecer as dificuldades encontradas pelos alunos e explorar o seu potencial.

Para GIORDAN et al. (2004), os modelos moleculares podem contribuir de maneira satisfatória na construção de significados envolvendo fenômenos químicos, assim como no processo de elaboração de modelos explicativos que representam tais fenômenos. De forma complementar, FRANCISCO JUNIOR et al. (2009) enfatizam que a utilização de materiais

concretos no ensino contribui para a compreensão do conhecimento no nível submicroscópico e facilita o entendimento de conceitos químicos.

De acordo com FERREIRA e TOMA (1982), é extensa a lista de conceitos químicos que podem ser explorados a partir da utilização dos modelos moleculares: geometria molecular, isomeria geométrica e ótica, teoria de repulsão dos pares eletrônicos, retículos cristalinos, hibridização, entre outros. A utilização desse recurso se torna importante, pois muitos alunos apresentam dificuldades relacionadas à percepção e visualização de moléculas no espaço tridimensional. Além disso, é importante mencionar que alguns estudos, entre eles o de GABEL e SHERWOOD (1980), evidenciaram efeitos positivos na compreensão dos alunos de ensino médio sobre diferentes fenômenos, quando estes manipularam os modelos moleculares durante um longo período de tempo.

Segundo LIMA e LIMA-NETO (1999), a utilização de modelos moleculares no ensino é simples e de grande utilidade, pois permite a visualização de ligações químicas, além de desenvolver nos alunos a visão de arranjo espacial entre os átomos. Ressalta-se, no entanto, que os modelos moleculares disponíveis no mercado apresentam limitações, no que diz respeito à quantidade de conceitos a serem explorados e ao número limitado de peças. (LIMA e LIMA-NETO, 1999). Além disso, os modelos convencionais geralmente não respeitam as proporções dos elementos químicos presentes na tabela periódica, o que contraria o modelo aceito cientificamente.

Por razões comerciais, FERREIRA e TOMA (1982) apontam que os modelos moleculares convencionais representam apenas algumas geometrias das moléculas, como a octaédrica, tetraédrica e a trigonal. Aliado a isso, o alto custo e a dificuldade em encontrá-los no mercado se tornam um obstáculo à sua utilização. Diante disso, surgem diversas propostas para a construção de modelos moleculares alternativos, no intuito de suprir as desvantagens dos convencionais. Esses modelos, em sua maioria, utilizam materiais de baixo

custo e fácil aquisição, tais como bolinhas de isopor, canudos de bebidas, balões de aniversário e arame, entre outros.

A tabela 2.1 resume as principais vantagens e desvantagens dos modelos moleculares, segundo LIMA e LIMA-NETO (1999).

TABELA 2.1 - Vantagens e desvantagens de alguns modelos moleculares segundo LIMA e LIMA-NETO (1999).

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Comerciais	Acabamento fino, ângulos corretos.	Preço elevado, número de peças, configurações restritas, fácil desgaste.
Bolas de isopor com palitos de dente	Acessível e versátil com ampla e pronta aplicação.	Ocupa muito espaço, fácil desgaste.
Canudos de bebidas	Fácil aquisição, cores variadas.	Montagem definitiva, frágil e muito leve.
Balões de aniversário	Acessível, cores variadas.	Definitivo, frágil e muito leve.
Arame	Fácil construção.	Difícil manuseio da estrutura, uso restrito.
Bolas de isopor com canudos, alfinetes e arames	Versátil, ampla aplicação, acessível.	Montagens definitivas, difícil posicionamento dos ângulos.

De maneira geral, os modelos moleculares alternativos suprem algumas desvantagens do modelo convencional, principalmente em relação ao preço elevado e ao número limitado de peças. É importante ressaltar que dependendo da criatividade e dos materiais disponíveis, podem ser construídos diferentes modelos moleculares.

CARNEIRO et al. (2011) participaram de um projeto com alunos de formação inicial, no qual desenvolveram um modelo molecular confeccionado com fibra de Buriti, uma planta que representa grande importância econômica para a região Norte do Brasil. Além de ser prático e barato, tais modelos contribuíram para a compreensão de arranjos moleculares e da geometria das moléculas.

PROCHNOW et al. (2009) desenvolveram um modelo molecular utilizando massa de biscoito e palitos de madeira. De acordo com esses autores, a escolha dos materiais foi baseada no baixo custo e na possibilidade de representação de diferentes moléculas. Por se tratar de um material de fácil manuseio, torna-se possível representar moléculas obedecendo à proporção de tamanho entre os átomos envolvidos.

De modo semelhante, ALMEIDA et al. (2010) propuseram um modelo molecular utilizando massa de biscoito e palitos de cotonete. Para eles, o uso desse material didático contribuiu para a compreensão dos conceitos químicos no nível submicroscópico.

RODRIGUES et al. (2011) confeccionaram modelos moleculares a partir da utilização de folhas de jornal. Segundo esses autores, a principal vantagem se deu pela facilidade em encontrar a matéria-prima para a sua construção.

BRAGA et al. (2010) propuseram a construção de modelos moleculares confeccionados a partir de garrafas PET, no intuito de contribuir para a aprendizagem de conceitos químicos e promover uma conscientização ambiental acerca do descarte dessas garrafas.

CREPPE (2009) utilizou os modelos moleculares como facilitador de aprendizagem para alunos com deficiência visual, durante uma pesquisa envolvendo alunos de escola pública, matriculados na modalidade EJA (Educação de Jovens e Adultos). Esses alunos participaram de dez encontros, nos quais foram abordados diferentes conceitos químicos por meio da utilização dos modelos moleculares. Para CREPPE (2009), a utilização desse recurso contribuiu para uma melhora significativa em relação à compreensão de diferentes conceitos químicos, principalmente em química orgânica, além de promover a sua inclusão no processo educativo.

CAMPBELL et al. (2001) propuseram um modelo molecular com blocos de encaixar - LEGO[®] para o ensino do conceito de cristalização. Para a

simulação desse processo, os autores utilizaram blocos convencionais de LEGO[®] e blocos magnéticos. De modo semelhante, KNAGGE e RAFTERY (2002) construíram um espectrofotômetro com peças LEGO[®].

FRANCISCO JUNIOR et al. (2009) propuseram um modelo para o estudo do fenômeno de deposição metálica no nível submicroscópico, com materiais de baixo custo e fácil acesso. Para a sua construção, foram utilizadas peça de madeira, pinos de plástico de diferentes tamanhos e uma balança de plástico que também pode ser elaborada a partir de materiais simples, tais como arames, pedaço de cabo de vassoura, entre outros.

Independente do modelo molecular a ser adotado, o importante é que seja utilizado com critérios bem definidos e que este seja um instrumento para alcançar os objetivos pedagógicos pretendidos pelo professor. Nesse sentido, LIMA e LIMA-NETO (1999) apontam que cabe ao professor a construção e/ou adoção de um modelo molecular que melhor se ajuste à situação de aprendizagem.

A utilização dos diferentes materiais didáticos, como por exemplo, os modelos moleculares, auxiliam no desenvolvimento de habilidades cognitivas, sendo que uma das maneiras de verificá-las se dá por meio do acompanhamento da evolução dos modelos mentais dos alunos.

2.3. A teoria dos Modelos Mentais

De acordo com MOREIRA (1996) uma representação é qualquer notação ou conjunto de símbolos que representa algo e pode ser dividida em dois grupos. O primeiro refere-se à representação externa, apresentada na forma de um mapa, diagrama, pintura ou textos escritos e o segundo grupo diz respeito à representação interna ou mental, utilizada para interpretar o mundo exterior.

Segundo MOREIRA (1996), as representações internas ou mentais são divididas em duas classes: analógicas e proposicionais. As representações analógicas são não individuais, concretas e se organizam segundo regras “frouxas” de combinação, sendo particulares à modalidade pela qual a informação foi inicialmente obtida. A imagem visual, assim como as auditivas e as olfativas são exemplos de representações analógicas. Por outro lado, as representações proposicionais são “entidades individuais e abstratas formuladas em linguagem própria da mente” (MOREIRA, 1996).

Há, dentro da Psicologia Cognitiva, uma polêmica que cerca a questão envolvendo as imagens e as proposições. De um lado, os “proposicionistas” que apontam para o fato de ser possível reduzir as imagens a proposições, e de outro lado os “imagistas” que discordam dessa ideia e a criticam-a. No entanto, JOHNSON-LAIRD (1983) propôs uma terceira maneira de construção representacional, denominada de modelos mentais, que consegue abranger características das duas correntes, ou seja, a utilização de proposições possibilita a construção de um modelo mental, cuja visualização se faz possível por meio do uso de imagens.

O termo modelo mental começou a ganhar destaque após a publicação de dois livros em, 1983, ambos com o título “Mental Models”. Um deles foi editado por GENTNER e STEVENS (1983) no qual é apresentada uma série de artigos provenientes de um seminário relacionado ao tema. O segundo livro foi escrito por JOHNSON-LAIRD (1983) e apresenta uma discussão acerca do conceito de modelos mentais. Apesar de a projeção do conceito ter ocorrido a partir da publicação desses dois livros, JOHNSON-LAIRD (1983) credita a CRAIK (1943) a noção de modelo mental, que utiliza esse termo para explicar como um indivíduo poderia usar um modelo interno do mundo, para pensar sobre ele, assim como pensar ações mentalmente antes de colocá-las em prática (BORGES, 1999).

No livro “Mental Models”, JOHNSON-LAIRD (1983) propõe a existência de três tipos de representações: proposicionais, as imagens e os modelos mentais. De acordo com o autor: “*Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista*”. (JOHNSON-LAIRD, 1983, p.165).

Para JOHNSON-LAIRD (1983), as pessoas não compreendem o mundo diretamente, ou seja, apresentam apenas uma representação interna dele, construído por meio da percepção ou do discurso. Para JOHNSON-LAIRD (2010), os seres humanos constroem, constantemente, modelos mentais que representam distintas possibilidades sobre o mundo, e é por meio desses modelos que se baseiam as conclusões sobre alguma coisa. Ressalta-se que essas representações apenas imitam a realidade e não são, portanto, fidedignas a ela. Como consequência, JOHNSON-LAIRD (2010) enfatiza que estas se apresentam mais simples do que aquelas com as quais se relacionam e são baseadas no conhecimento do indivíduo. Para JOHNSON-LAIRD (1983), os modelos mentais podem ser constituídos por proposições articuladas ou por imagens, ou, ainda, por uma combinação de ambos.

Ainda segundo JOHNSON-LAIRD (1983), os modelos mentais são formas de representações internas de informações ou conceitos correspondentes a determinados eventos. Sendo assim, tais modelos assumem um papel essencial na representação de objetos, estados de coisas, sequência de eventos e na compreensão de fenômenos.

De forma complementar, JOHNSON-LAIRD (2001, p.434) ressalta que os modelos mentais “*podem representar relações espaciais, eventos e processos e operações de sistemas complexos*”. Para ele, a facilidade em manipular modelos complexos é a característica que distingue os indivíduos iniciantes dos mais experientes.

Para JOHNSON-LAIRD (1983) as pessoas raciocinam por meio de modelos mentais, os quais podem sofrer alterações e combinações, conforme a necessidade. Ressalta-se que não existe um único modelo mental que explique algo, ou seja, podem existir inúmeros modelos mentais que representam as informações e/ou conceitos de maneira satisfatória. Em uma aula de Química, por exemplo, na qual o professor esteja discutindo “combustão”, é possível que surjam diferentes modelos entre os alunos para explicar esse fenômeno. É claro que muitos poderão ser inadequados para a ocasião, no entanto, alguns explicarão o fenômeno de maneira coerente. Além disso, JOHNSON-LAIRD (1983) aponta que os modelos mentais permitem que os indivíduos façam inferências e previsões em relações aos fenômenos da natureza.

Ainda de acordo com JOHNSON-LAIRD (1983), os modelos mentais não possuem uma estrutura sintática rígida, uma vez que sua estrutura é análoga à dos estados de coisas as quais percebemos e concebemos. Para BORGES (1999), quando uma coisa é dita análoga significa que uma comparação é realizada entre as estruturas e a analogia é o meio pelo qual expressa os resultados dessa comparação. Dessa forma, conforme aponta JOHNSON-LAIRD (1983) as analogias são as ferramentas utilizadas para o raciocínio e para a explicação dos fenômenos.

Outro ponto importante dos modelos mentais, indicado por JOHNSON-LAIRD (1983), se deve à sua alta especificidade. Dessa forma, só seria possível formar uma imagem de um exemplar específico de cada objeto e não de um objeto geral. Como exemplo, o autor menciona que só é possível imaginar um triângulo específico por vez (escaleno, isósceles, equilátero) e não um que conseguisse contemplar todo o conjunto de triângulos. Entretanto, apesar dessa especificidade, um modelo específico pode ser utilizado na representação de uma classe de objetos, servindo como uma amostra de uma classe maior.

Em relação ao conteúdo dos modelos mentais, JOHNSON-LAIRD (1983) enfatiza que:

Como eles podem ter muitas formas e servir para muitas finalidades seus conteúdos são muito variados: podem conter nada mais do que elementos que representam indivíduos e identidades entre eles, como nos modelos necessários ao raciocínio silogístico; podem representar relações espaciais entre entidades ou relações temporais ou causais entre eventos. Os modelos mentais têm o conteúdo e forma que servem às finalidades para as quais foram construídos, sejam elas explicar, prever ou controlar. (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 410)

Diante das inúmeras formas e finalidades dos modelos mentais, a sua utilização é importante no processo de ensino e aprendizagem. No entanto, conforme aponta GIBIN (2009), a explicitação desses modelos torna-se possível, quando o professor dá liberdade para os alunos se expressarem, seja por meio de relato escrito ou oral.

O tópico a seguir apresenta uma discussão a respeito da natureza dos modelos mentais.

2.3.1. A natureza dos modelos mentais

JOHNSON-LAIRD (1983) reconhece que a exata constituição dos modelos mentais ainda se refere a uma pesquisa empírica, uma vez que esses modelos estão presentes na mente das pessoas. Sendo assim, o autor optou por apresentar alguns princípios que regem os modelos mentais. Entre eles, cita:

✓ Princípio da computabilidade: os modelos mentais são computáveis e podem ser descritos de tal forma que possibilitem sua execução por uma máquina.

✓ Princípio da finitude: partindo da premissa de que o cérebro é uma estrutura finita, os modelos mentais são finitos em tamanho e, dessa forma, não podem representar um domínio infinito diretamente.

✓ Princípio do construtivismo: parte do pressuposto de que alguns modelos mentais são construídos a partir de símbolos organizados em uma estrutura particular para representar um estado de coisas, ou seja, os modelos devem ser formulados a partir de constituintes mais básicos.

✓ Princípio da economia: uma descrição de um único estado de coisas é representada por um só modelo mental, mesmo se a descrição for incompleta ou indeterminada. No entanto, um único modelo mental pode representar uma quantidade infinita de estados de coisas, uma vez que esse modelo pode ser revisado constantemente.

✓ Princípio da não-indeterminação: os modelos mentais podem representar indeterminações diretamente, se e somente se, seu uso não for computacionalmente intratável, ou seja, se não existir um crescimento exponencial em complexidade.

✓ Princípio da predicabilidade: um predicado pode ser aplicável a todos os termos, aos quais um outro predicado é aplicável, porém, não podem ter âmbitos de aplicação que não se intersectem.

✓ Princípio do inatismo: todos os primitivos conceituais são inatos e subjazem às nossas experiências perceptivas, habilidades motoras, estratégias cognitivas, enfim, à nossa capacidade de representar o mundo.

✓ Existe um número finito de primitivos conceituais que dá origem a um conjunto correspondente de campos semânticos; existe, também, um outro conjunto finito de conceitos ou os “operadores semânticos” que ocorre em cada campo semântico e serve para construir conceitos mais complexos a partir dos primitivos subjacentes.

✓ Princípio da identidade estrutural: as estruturas dos modelos mentais são idênticas às estruturas dos estados de coisas, percebidos ou concebidos, que os modelos representam. Não deve haver na estrutura do modelo nenhum aspecto sem significado ou sem função.

2.3.2. Tipologia dos modelos mentais

De acordo com JOHNSON-LAIRD (1983), os modelos mentais são classificados em dois grandes grupos: os físicos e os conceituais. O primeiro representa o mundo físico e está dividido em seis tipos: relacional, espacial, temporal, cinemático, dinâmico e imagem.

✓ Modelo relacional: refere-se a um quadro estático consistindo de um conjunto finito de elementos que representam um conjunto finito de entidades físicas, de um conjunto finito de propriedades dos elementos que representam propriedades físicas das entidades e de um conjunto finito de relações entre os elementos que representam relações físicas entre as entidades.

✓ Modelo espacial: refere-se a um modelo relacional no qual as únicas relações existentes entre as entidades físicas representadas são espaciais e o modelo representa essas relações, localizando os elementos em um espaço dimensional (tipicamente de duas ou três dimensões).

✓ Modelo temporal: consiste de uma sequência de quadros espaciais (de uma determinada dimensionalidade) que ocorre em uma ordem temporal correspondente à ordem dos eventos (embora não necessariamente em tempo real).

✓ Modelo cinemático: refere-se a um modelo temporal que é psicologicamente contínuo; é um modelo que representa mudanças e

movimentos das entidades representadas sem descontinuidades temporais. Naturalmente, esse tipo de modelo pode funcionar (“rodar”) em tempo real e, certamente o fará, se for construído pela percepção.

✓ Modelo dinâmico: refere-se a um modelo cinemático, no qual existem também relações entre certos quadros, representando relações causais entre os eventos representados.

✓ Imagem: é uma representação, centrada no observador, das características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou cinemático subjacente. Corresponde, portanto, a uma vista (ou projeção) do objeto ou evento representado no modelo subjacente.

O segundo grupo, os modelos conceituais, representa as abstrações e são divididos em quatro grupos: monádico, relacional, meta-linguístico e o conjunto teórico (JOHNSON-LAIRD, 1983).

O tópico a seguir apresenta uma discussão referente aos modelos mentais na visão de outros autores.

2.3.3. Modelos mentais na visão de outros autores

Outros autores também apresentam contribuições envolvendo os modelos mentais. No entanto, conforme aponta MOREIRA (1999), a mais abrangente refere-se à Teoria de Modelos Mentais proposta por JOHNSON-LAIRD (1983).

Para MOREIRA (1996), os modelos mentais dizem respeito a representações internas construídas pelos indivíduos, no intuito de representar estados físicos. Essa representação se dá de forma análoga àquilo que está sendo representado.

Para GRECA e MOREIRA (2002), os modelos mentais dos alunos são determinados pelos conhecimentos gerais que possuem e pela compreensão

de conceitos fundamentais que funcionariam como núcleos dos modelos mentais. Estes se referem a entidades mais estáveis da estrutura cognitiva e serviriam como ponto de partida para a aquisição de modelos mais elaborados. Sendo assim, os autores salientam que a aprendizagem se dá por meio de sucessivas reformulações dos modelos mentais ou pela construção de novos modelos.

Para GIORDAN (1999), os modelos mentais representam a imagem criada pelo indivíduo na explicação de um fato ou fenômeno, funcionando como uma espécie de filme interno, cujas ideias expressam o estado de coisas e dialogam com a representação que o indivíduo tem sobre a realidade.

De acordo com BORGES (1998), um modelo mental refere-se a um modelo que existe na mente de alguém. Dessa forma, para o autor, pensar envolve tanto a criação quanto a internalização de modelos simplificados para expressar a realidade. Segundo BORGES (1998), os indivíduos constroem, constantemente, modelos mentais das coisas que percebem e, à medida que seus conhecimentos se expandem, as pessoas assimilam e integram os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva, resultando em modelos mentais mais sofisticados em relação aos iniciais.

Para BORGES (1999), a habilidade de um aluno para prever e explicar os fenômenos evolui com a instrução e a experiência na área. O autor acrescenta ainda que:

Modelos iniciais podem vir a ser refinados com o tempo, em maior ou menor grau dependendo do envolvimento e interesse do sujeito por problemas naquele domínio. Por exemplo, quando a pessoa é exposta a uma instrução deliberada, o conhecimento assimilado interage com os modelos existentes para produzir novos modelos. Estes apresentam um vocabulário mais rico e empregam entidades novas para descrever e explicar eventos no domínio em questão. De qualquer forma, para que o indivíduo venha a adquirir modelos próximos dos modelos consensuais é necessário muito tempo e esforço de sua parte (BORGES, 1999, p.25).

Do ponto de vista da teoria dos modelos mentais, BORGES (1999, p.16) salienta que *“aprender implica em construir modelos mentais mais produtivos para pensar e falar sobre um sistema”*. Na ausência de modelos mais sofisticados, os alunos continuarão a utilizar seus modelos intuitivos para prever e explicar resultados, ou seja, utilizarão o conhecimento do senso comum até mesmo em situações que exigem o uso do conhecimento científico.

Para VOSNIADOU (2002), os modelos mentais são representações análogas que preservam a estrutura das coisas que representam. A autora salienta que a maioria desses modelos são construídos na memória a curto prazo e são utilizados em situações específicas, embora seja possível que alguns modelos mentais fiquem armazenados na memória a longo prazo. Para VOSNIADOU (2002), uma característica importante dos modelos mentais é que eles podem ser explorados no sentido de gerar previsões e explicações acerca de um evento.

De acordo com VOSNIADOU (2002), a mudança conceitual é vista como uma modificação progressiva dos modelos mentais dos alunos em relação ao mundo físico. Para a autora, essa evolução pode ser por meio de enriquecimento, que envolve a adição de informações aos modelos existentes na estrutura cognitiva dos alunos, ou por meio de revisão, que implica mudanças nas crenças do indivíduo ou na estrutura relacional do modelo.

Para GIBIN e FERREIRA (2010), os modelos mentais apresentam um papel central na compreensão de conceitos químicos, uma vez que correspondem à maneira como os indivíduos compreendem os fenômenos químicos. De acordo com esses autores, os modelos mentais são construídos, predominantemente, pela relação entre o nível macroscópico e submicroscópico, uma vez que este consiste em um modelo explicativo da natureza da matéria. Dessa forma, GIBIN e FERREIRA (2010) salientam a importância de iniciar as atividades didáticas por meio da observação ou da manipulação de algo

concreto, tais como uso de imagens, vídeos ou modelos moleculares, e a partir deles explorar o nível submicroscópico.

Para RAPP (2005) os modelos mentais se referem a organizações conceituais que estão presentes na memória de um indivíduo. Para esse autor, alguns fatores podem facilitar a construção dos modelos mentais pelos alunos, entre eles:

- ✓ Engajamento cognitivo: Alunos engajados em tarefas são mais propensos a permanecer envolvidos com a tarefa e aproveitá-las de tal forma que consigam extrair o máximo de conhecimento delas;

- ✓ Interatividade: Se os alunos têm o controle sobre a apresentação das informações, o seu envolvimento será maior, o que contribui para a construção dos modelos mentais;

- ✓ Aprendizagem multimídia: A utilização de multimídia contribui para o estabelecimento de conexões entre as informações na memória do indivíduo, o que facilita o seu aprendizado.

Para WILLIAMS, HOLLAN e STEVENS (1983), os modelos mentais se constituem de objetos autônomos (objeto mental que representa algo) com uma determinada topologia, são “rodáveis” através de inferências qualitativas locais e podem ser decompostos, dando origem a novos modelos mentais.

Para GENTNER e GENTNER (1983), o conceito de modelo mental é semelhante ao de analogia, ou seja, é definido como aquele em que o análogo guarda uma correspondência próxima com aquilo que representa.

Para NORMAN (1983), é por meio da interação com um sistema que as pessoas constroem modelos mentais para explicá-lo. Para ele, tais modelos não precisam ser tecnicamente precisos (e frequentemente não o são), mas sim funcionais. Através da interação com o sistema, a pessoa modificará o seu modelo mental, a fim de se obter um modelo mais viável para explicar o

fenômeno em questão. NORMAN (1983) elenca algumas características dos modelos mentais.

- ✓ Os modelos mentais são incompletos;
- ✓ A habilidade das pessoas em “rodar” seus modelos mentais é muito limitada;
- ✓ Modelos mentais são instáveis: as pessoas esquecem detalhes do sistema modelado, particularmente quando esses detalhes (ou todo o sistema) não são utilizados por um certo período de tempo;
- ✓ Modelos mentais não têm fronteiras bem definidas: dispositivos e operações similares são confundidos uns com os outros;
- ✓ Modelos mentais são “não científicos”: as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários (por exemplo, apertar a tecla CLEAR, ou a tecla ENTER, de uma calculadora várias vezes, “só para ter certeza”); os modelos mentais de uma pessoa refletem suas crenças sobre o sistema físico.
- ✓ Modelos mentais são parcimoniosos: frequentemente, as pessoas optam por operações físicas adicionais, ao invés de um planejamento mental que evitaria tais operações; as pessoas preferem gastar mais energia física em troca de menor complexidade mental.

NORMAN (1983) aponta que os modelos mentais passam por um processo de evolução, ou seja, os alunos tendem a apresentar um modelo mental mais elaborado com o passar do tempo. Para o autor, tais modelos são limitados, em grande parte, pelos conhecimentos e experiências prévias das pessoas. No entanto, os modelos mentais constituem ferramenta de avaliação

eficiente, pois revelam o pensamento dos alunos acerca de um conceito ou fenômeno.

2.4. Noção de perfil conceitual

A partir da década de 70, surgiram na literatura inúmeros trabalhos relatando a importância das concepções prévias dos alunos referentes aos conteúdos científicos aprendidos na escola. Tais pesquisas resultaram de um desdobramento crítico em relação aos trabalhos de Piaget e colaboradores, nos quais enfatizavam excessivamente a importância da estrutura lógica subjacente (MORTIMER, 1995).

Essas pesquisas deram origem ao Movimento das Concepções Alternativas (MCA). Diversos trabalhos apontaram para algumas características em comum das concepções dos alunos: são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto, estáveis e resistentes a mudanças (VIENNOT, 1979). Além disso, essas pesquisas contribuíram para fortalecer a visão construtivista de ensino e aprendizagem, principalmente no tocante ao envolvimento ativo do aluno e à valorização do conhecimento prévio (MORTIMER, 1995).

Dentro dessa visão de aprendizagem, ganhou destaque o modelo de mudança conceitual, o qual visava à substituição das concepções dos alunos por conceitos cientificamente aceitos, ocasionada por meio de um conflito cognitivo (MORTIMER, 1995). No entanto, o mesmo autor aponta que o construtivismo foi apresentando sinais de desgaste com o passar dos anos, entre eles o esgotamento de pesquisas sobre as concepções alternativas e o número expressivo de trabalhos criticando aspectos filosóficos, psicológicos e pedagógicos do construtivismo (OSBORNE, 1994; SOLOMON, 1994).

MORTIMER (1995) salienta, ainda, que muitos professores não estão preparados para atuar nessa perspectiva. Aliado a isso, o autor argumenta que se gasta muito tempo com poucos conceitos, e que muitas vezes tais

conceitos acabam reforçando o pensamento do senso comum ao invés de contribuir para a construção do conhecimento.

Ainda de acordo com MORTIMER (1995), apesar de muitas estratégias que utilizam o conflito cognitivo terem uma raiz Piagetiana, parte delas ignora dois aspectos importantes relacionados à Teoria de Equilibração (PIAGET, 1977). A primeira é que as lacunas são tão importantes quanto os conflitos cognitivos. Muitas vezes, a falta de informação para interpretar um problema torna-se um obstáculo maior do que o próprio conflito proposto. Outro aspecto se refere à dificuldade de generalização dos resultados. Em geral, os alunos compreendem a situação como um problema localizado, o que dificulta a aquisição do conhecimento científico (MORTIMER, 1995).

MORTIMER (1995) apresenta críticas em relação aos pressupostos psicológicos e filosóficos das estratégias que envolvem a mudança conceitual. Para o autor, a principal delas reside na expectativa em relação à substituição das ideias prévias dos alunos, que deverão ser abandonadas completamente no processo de ensino e aprendizagem, dando lugar às ideias aceitas pela comunidade científica.

E prossegue, afirmando que as ideias e conceitos tidos como ultrapassados podem ser úteis em determinados contextos. Um químico, por exemplo, que apresenta sólida formação em química não necessita abandonar completamente a visão de Dalton sobre o átomo enquanto indestrutível e indivisível, uma vez que permanecem dessa forma nos processos químicos, e essa visão já é suficiente para trabalhar com estequiometria das reações químicas.

Diversos trabalhos, tais como SCOTT (1987); GALILI & BAR (1992); MORTIMER (1994) têm demonstrado que os alunos apresentam dificuldades para abandonar as suas concepções. Diante desse contexto, MORTIMER (1995) propõe um modelo alternativo denominado de Noção de Perfil Conceitual. Para ele:

Essa noção permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino e aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico (MORTIMER, 1995).

Essa noção de perfil conceitual permite compreender a existência das ideias prévias entre os alunos que já passaram pelo processo de aquisição dos conceitos científicos. De acordo com MORTIMER (1995, p.34) *“muda-se a expectativa em relação ao destino dessas idéias, já que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as idéias científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados”*. De maneira complementar, AMARAL (2004) salienta que o perfil conceitual pode ser encarado como uma tentativa de explicar como um aluno amplia o universo de significados possíveis para uma expressão ou mesmo para um conceito científico.

Para COUTINHO et al. (2005), a noção de perfil conceitual está relacionada a ideia de que um único conceito pode abranger diferentes formas de ver e representá-lo. Dessa maneira, o indivíduo pode assumir mais de uma forma de compreensão de um determinado conceito. Esses autores enfatizam, ainda, que ao invés de construir uma única e importante ideia, os indivíduos podem apresentar maneiras diferentes de pensar.

De acordo com SILVA JUNIOR (2011) as ideias prévias dos alunos podem conviver com aquelas aceitas cientificamente em todos os níveis de escolaridade, desde o ensino médio até a pós-graduação.

A visão de perfil conceitual proposta por MORTIMER (1995) tem sua origem nos trabalhos desenvolvidos por GASTON BACHELARD (1984) referente ao perfil epistemológico. Segundo este autor, os indivíduos constroem diferentes explicações sobre um determinado fenômeno, que podem ser

modificadas com o tempo, ou mesmo dar origem a novas explicações, porém nunca as abandonam completamente (SILVA, 2006).

No entanto, MORTIMER (1995) acrescenta alguns aspectos em relação ao perfil epistemológico de BACHELARD (1984), tais como a distinção entre as características ontológicas e epistemológicas de cada zona de perfil. Para ele, essa diferenciação é essencial, pois muitos problemas relacionados à aprendizagem de conceitos científicos estão relacionados com as dificuldades em se mudarem as categorias ontológicas nas quais os conceitos estão estagnados.

Outro aspecto acrescentado por MORTIMER (1995) se refere ao processo de tomada de consciência pelo aluno de seu próprio perfil conceitual. A implicação dessa consciência está relacionada a escolhas mais adequadas de mediadores e linguagens sociais, de acordo com o contexto. Para o autor, o uso de concepções prévias em problemas novos pode indicar a falta de consciência de seu próprio perfil, pois, para ele, a noção de perfil conceitual está ligada diretamente ao contexto, uma vez que é fortemente influenciada pela experiência do aluno e dependente do conteúdo.

2.5. A teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da Aprendizagem Significativa é o ponto central da teoria de aprendizagem desenvolvida por AUSUBEL et al. (1980). Para ele, a aprendizagem pode ser por recepção ou descoberta. Na primeira, o conteúdo é apresentado na sua forma final, não envolvendo qualquer descoberta por parte do aluno, do qual se exige que internalize ou incorpore as informações transmitidas, com o intuito de reproduzi-las em ocasiões futuras. Em contrapartida, na aprendizagem por descoberta, o conteúdo não é fornecido ao aluno, mas sim descoberto por ele, antes de ser incorporado à sua estrutura cognitiva.

AUSUBEL et al. (1980) aponta que tanto a aprendizagem por recepção quanto a aprendizagem por descoberta pode ser automática (mecânica) ou significativa dependendo das condições de aprendizagem. A aprendizagem automática se dá por meio de associações puramente arbitrárias e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante para tornar a tarefa significativa. Em contrapartida, a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno consegue relacionar informações novas de forma não arbitrária e substantiva a um conjunto de informações já existentes na sua mente. De acordo com o autor “*a aprendizagem significativa é o mecanismo humano para adquirir e armazenar idéias e informações em qualquer campo do conhecimento.*” (AUSUBEL, 1963, p.58).

Uma relação não arbitrária e substantiva acontece quando o aluno estabelece uma relação entre a informação nova e algum aspecto relevante na sua estrutura cognitiva, podendo ser uma imagem, um símbolo ou um conceito. Esses aspectos são denominados subsunçores e exercem um papel fundamental na aquisição de novos conhecimentos (AUSUBEL et al.1980).

Para AUSUBEL et al. (1980), dois fatores devem ser levados em consideração a fim de estabelecer uma relação não arbitrária e substantiva: a natureza do assunto e a estrutura cognitiva do aluno. Em relação ao primeiro, MOREIRA (1997) enfatiza que é importante realizar uma análise conceitual do conteúdo, no intuito de identificar os principais conceitos e informações a serem incorporados na estrutura cognitiva. Essa etapa é essencial, uma vez que a sobrecarga de conteúdos desnecessários dificulta a organização cognitiva e, conseqüentemente, a aprendizagem do aluno.

Em relação ao segundo fator, a estrutura cognitiva, é fundamental que o aluno apresente os subsunçores e que estes estejam consolidados na sua mente (MOREIRA, 1997). No caso de eles não existirem ou apresentarem informações insuficientes, AUSUBEL et al. (1980) propõe a utilização dos

organizadores prévios, caracterizados por materiais, cuja função é a de servir como uma ponte entre aquilo que o aluno já sabe e o que pretende aprender.

A estrutura cognitiva de um indivíduo é organizada e hierarquizada, de modo que as várias ideias se encadeiam por meio das relações estabelecidas entre elas. É nessa estrutura que se ancoram e reorganizam os conceitos e ideias adquiridas, proporcionando uma progressiva internalização do conteúdo e aprendizagem por parte do aluno (AUSUBEL et al. 1980).

O conhecimento prévio exerce um papel importante na teoria da aprendizagem significativa, uma vez que a aprendizagem se dá por meio da interação entre a nova informação e o conhecimento que o aluno já possui. De acordo com MOREIRA (2000), é nessa interação que os conhecimentos prévios sofrem modificações por meio da aquisição de novos significados, tornando-os mais ricos e elaborados, contribuindo diretamente para sua maior estabilidade.

Segundo AUSUBEL et al. (1980):

Na aprendizagem significativa, o processo de obtenção de informações produz uma modificação tanto na nova informação como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva com a qual a nova informação estabelece relação (AUSUBEL et al. 1980, p.48).

De acordo com o autor citado, a aprendizagem reside na ‘ampliação’ da estrutura cognitiva do indivíduo por meio da incorporação de novas informações a ela. Dessa forma, *“a estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa. O processo é dinâmico; o conhecimento vai sendo construído.”* (MOREIRA, 1997 p. 07).

No entanto, para que ocorra a aprendizagem significativa é essencial que o aluno manifeste uma disposição para esse tipo de aprendizagem e que o material seja potencialmente significativo (AUSUBEL, 1980). O interesse do aluno assume um papel central nesse processo, uma vez que se ele tiver a intenção de memorizar uma série de informações de forma arbitrária,

tanto o processo de aprendizagem quanto o produto da aprendizagem será apenas automático.

De acordo com AUSUBEL et al. (1980) a aprendizagem pode ocorrer de diferentes formas: Subordinação, Superordenação e Combinação.

- ✓ Subordinação: processo de incorporação de novas informações à estrutura cognitiva do aluno. AUSUBEL et al. (1980) diferencia essa aprendizagem em dois tipos:
 - Derivativa: Ocorre quando o material é entendido como um exemplo de um conceito estabelecido na mente do aluno, ou seja, é mais um exemplo daquilo que o aluno já sabe.
 - Correlativa: A informação se refere a uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de informações adquiridas anteriormente, ou seja, uma ampliação do conhecimento do aluno.
- ✓ Superordenação: A nova informação condiciona o surgimento de várias outras ideias. Dessa forma, a nova informação é mais abrangente do que aquelas presentes na estrutura cognitiva dos alunos.
- ✓ Combinação: Consiste das combinações de informações aprendidas previamente que podem ou não relacionar-se arbitrariamente à estrutura cognitiva do aluno. De acordo com PRASS (2008), essa nova informação não está nem acima e nem abaixo das ideias presentes na mente dos alunos, podendo, progressivamente, interconectarem-se umas às outras por meio do trabalho intelectual dos alunos.

AUSUBEL et al. (1980) aponta a existência de fatores internos, externos e afetivo-sociais que influenciam na aprendizagem significativa. Como fator interno, é importante a presença de ideias-âncoras na estrutura cognitiva

dos alunos, as quais serão responsáveis pela conexão com a nova informação e clareza nas informações. Caso a estrutura-âncora não esteja bem consolidada na mente do aluno, pode acontecer uma relação inadequada com a nova informação, proporcionando uma aprendizagem equivocada a respeito de determinado assunto.

Como fator afetivo-social, AUSUBEL et al. (1980) salienta que o aspecto mais determinante é a disposição do aluno em aprender. Sem essa disposição, ele adotará estratégias de memorização, conduzindo assim a uma aprendizagem automática. O autor aponta ainda a importância dos fatores externos para a aprendizagem significativa, entre eles a própria aula e os materiais didáticos utilizados pelo professor.

NOVAK e GOWIN (2001) também adotaram a teoria da aprendizagem significativa. De acordo com NOVAK (2000), quando as ideias e informações são aprendidas significativamente, os novos conhecimentos adquiridos podem ser aplicados a diferentes e novas situações de forma inédita e criativa. Acrescenta ainda o caráter humanista à teoria da aprendizagem significativa, visão que considera a importância do pensar, sentir e agir na sua teoria de educação. MOREIRA (1997, p.13) define um evento educativo como uma *“ação para trocar significados (pensar) e sentimentos entre aprendiz e o professor.”*

De acordo com NOVAK (1984), um evento educativo sempre está acompanhado de uma experiência afetiva. Para o autor, essa experiência é positiva e construtiva, quando o aluno apresenta ganhos em compreensão e reciprocidade.

A teoria da aprendizagem significativa pode ser relacionada a outras teorias cognitivas, como por exemplo, a teoria dos Modelos Mentais. De acordo com MOREIRA (1997), os modelos mentais podem ser revisados e reformulados constantemente, no sentido de explicar e fazer previsões a respeito de um evento. Se um aluno consegue explicar um evento ou um fenômeno é

porque apresenta um modelo mental do sistema em sua estrutura cognitiva, e se consegue fazer previsões a partir desse modelo, é porque houve uma aprendizagem que, provavelmente, pode ter sido significativa.

De acordo com MOREIRA (1997), é nesse processo de reformulação dos modelos mentais que a aprendizagem significativa pode ser utilizada na teoria proposta por JOHNSON-LAIRD (1983).

CAPÍTULO 3

QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA

“A maioria das idéias fundamentais da ciência são essencialmente sensíveis e, regra geral, podem ser expressas em linguagem compreensível a todos.”

Albert Einstein.

Este capítulo apresenta a questão de pesquisa, os objetivos específicos e os procedimentos metodológicos, enfocando os instrumentos de coleta de dados, tais como o uso de questionários, as atividades realizadas, entrevistas, filmagens, diário de campo e o minicurso. Além disso, apresenta uma caracterização dos sujeitos e dos ambientes envolvidos na pesquisa.

3.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Diante do contexto aqui exposto, torna-se indispensável a utilização de materiais didáticos que visam melhorar a aprendizagem de conceitos químicos pelos alunos do Ensino Médio. Dentre esses materiais, destacam-se os modelos moleculares, pouco explorados e que apresentam uma abrangência de conceitos possíveis de serem trabalhados.

A sua utilização no Ensino de Química foi o foco da presente pesquisa e a aprendizagem dos conceitos químicos foi analisada por meio da elaboração de modelos mentais pelos alunos. Diante disso, a questão de pesquisa que norteou o presente trabalho foi:

<p>Como os modelos moleculares contribuem para o processo de elaboração de modelos mentais por alunos do ensino médio, no aprendizado de conceitos químicos?</p>

A partir da questão de pesquisa apresentada, os objetivos específicos deste trabalho foram:

- ✓ Aplicar um questionário inicial, no intuito de levantar os conhecimentos prévios dos alunos e contribuir para o seu processo de categorização;
- ✓ Aplicar atividades para alunos do primeiro ano do Ensino Médio de três escolas públicas, envolvendo os modelos moleculares durante o ano letivo de 2011;
- ✓ Analisar a aprendizagem de conceitos químicos, por meio da elaboração de modelos mentais pelos alunos;
- ✓ Acompanhar a evolução da aprendizagem de alguns conceitos químicos;
- ✓ Realizar um minicurso ao final do ano letivo, com o objetivo de averiguar como os alunos utilizam os conceitos trabalhados durante as atividades em diferentes situações.

3.2. Procedimentos metodológicos

A presente pesquisa foi realizada em parceria com os professores de Química de três escolas públicas. Nesse regime de colaboração, os professores cederam algumas aulas para a aplicação das atividades, durante o ano letivo de 2011, e auxiliaram no desenvolvimento da proposta, tanto em termos de fornecimento de informações para a compreensão das atividades quanto no controle da disciplina dos alunos. Ressalta-se, no entanto, que a condução das atividades ficou por conta do pesquisador.

Por se tratar de uma pesquisa realizada no horário regular das aulas, foi fundamental, também, a colaboração dos alunos. Participaram deste projeto 335 alunos, distribuídos em 10 turmas do primeiro ano do Ensino Médio de três escolas públicas, sendo duas localizadas no município de São Carlos/SP e uma

em Ibaté/SP. Dessas turmas, nove foram do período matutino e apenas uma do noturno.

O presente trabalho encaixa-se numa pesquisa-ação. Existem diversas definições para o termo pesquisa-ação. Uma delas é definida por THIOLENT (1998) como:

Tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLENT, 1998, p. 14).

Dessa forma, a pesquisa-ação envolve a participação direta dos interessados nos problemas e apresenta como função diagnosticar uma situação e acompanhá-la, no intuito de lhe conferir um sentido e proporcionar novas ações (EL ANDALOUSSI, 2004).

Na pesquisa-ação, o pesquisador utiliza-se de diversos instrumentos para a coleta de dados, de acordo com as necessidades da população. A combinação desses instrumentos, aliada aos resultados produzidos, contribuirão para responder as hipóteses do pesquisador a respeito de um problema e, conseqüentemente, para a construção do conhecimento (EL ANDALOUSSI, 2004). A seguir, serão apresentados os instrumentos de coleta de dados utilizados nesta pesquisa.

3.2.1. Instrumentos de coleta de dados

3.2.1.1. Questionário inicial

Por meio da aplicação do questionário inicial, foi possível averiguar os conhecimentos prévios dos alunos, assim como contribuir para o seu processo

de categorização. Esse questionário foi composto por doze questões objetivas, das quais a metade se referia ao conceito de transformação e a outra metade ao conceito de modelos (apêndice 01).

O primeiro conceito escolhido se deu pelo fato de que este permeia o conteúdo do primeiro ano do Ensino Médio, enquanto o segundo está presente neste projeto de pesquisa e assume um papel importante na compreensão da Química. Ressalta-se que as questões não estavam necessariamente relacionadas à disciplina Química, e sim aos conceitos de maneira geral (transformações químicas, físicas e biológicas, modelo de sistema solar, projeto elétrico de uma residência, sistema solar, entre outros).

De acordo com MORTIMER (1996), os alunos constroem diversas teorias para explicar diferentes fenômenos da natureza, a partir de suas experiências de vida. Essas teorias, segundo o autor, apresentam coerência do ponto de vista pessoal; no entanto, são incoerentes do ponto de vista científico. Esses conhecimentos prévios devem servir como ponto de partida para a construção de novos conhecimentos.

Para FREITAS e CELESTINO (2010), a valorização dos conhecimentos prévios pelo professor propicia um ambiente adequado para os alunos apresentarem suas opiniões, argumentar e questionar, entre outros. Tais aspectos contribuem para o desenvolvimento da sua aprendizagem.

3.2.1.2. Atividades em sala

Foram desenvolvidas ao longo do ano letivo seis atividades em cada turma. Estas foram baseadas nas apostilas adotadas pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Cabe ressaltar que a escolha desse material se deu pelo fato de que este projeto foi desenvolvido em parceria com os professores de Química das escolas envolvidas, os quais adotaram a apostila ao longo do ano letivo.

A Proposta Curricular do Estado de São Paulo é baseada nas ideias de BRUNER (1972). De acordo com este autor, qualquer assunto pode ser ensinado a qualquer criança, desde que seja respeitado o seu estágio de desenvolvimento. Dessa forma, o assunto pode ser iniciado tão cedo, de modo que os conceitos sejam desenvolvidos várias vezes em diferentes graus (BRUNER, 1972).

A Secretaria de Educação do Estado de São Paulo adota o currículo em espiral. Nessa proposta, os conceitos químicos são apresentados em uma série e retomados em séries posteriores com um grau de discussão maior. Para BRUNER (1972), esse tipo de currículo deve ser construído em torno de grandes temas, princípios e valores, essenciais para a formação do cidadão.

Para a realização de cada atividade, foi necessária a utilização de uma ou até duas aulas e contemplavam os seguintes conceitos: substância, reagente, produto, rearranjo, Lei de Lavoisier, Lei de Proust, balanceamento, estequiometria e o tópico representação submicroscópica.

A escolha desses conceitos foi feita por meio da elaboração de mapas conceituais de cada tópico presente nas apostilas. Para MOREIRA (1986), os mapas conceituais se referem a diagramas, nos quais são apresentados diferentes conceitos, assim como as relações entre eles. De acordo com esse autor, estes podem ser vistos como diagramas hierárquicos que buscam refletir a organização conceitual de uma disciplina ou até mesmo de parte dela.

Por meio da elaboração desses mapas conceituais, foi possível listar os conceitos que apareceram com maior frequência e, a partir deles, elaborar as atividades. É importante ressaltar que estas foram discutidas previamente com os professores e aplicadas, simultaneamente, com o conteúdo trabalhado em sala de aula.

Cabe mencionar que as atividades foram realizadas individualmente e cada aluno dispunha de um kit do modelo molecular Atomlig[®] e de uma balança de plástico, desenvolvida pelo Centro de Divulgação Científica e

Cultural (CDCC/USP) para auxiliar na resolução das questões propostas. Essas atividades foram desenvolvidas durante o ano letivo de 2011 nas três escolas mencionadas.

Para fins de análise, foram criados três grupos com a finalidade de representar o desempenho dos alunos em cada um dos conceitos selecionados:

- ✓ **Ruim:** quando o aluno acertou até 35,0% da questão. Se uma questão continha, por exemplo, três alternativas e o aluno não acertou nenhuma ou apenas uma, foi classificado nesse grupo, pois acertou 1/3 da questão (equivale a aproximadamente 33,0%);
- ✓ **Bom:** quando o aluno acertou entre 36,0 e 70,0%. Foi classificado nesse grupo o aluno que, por exemplo, acertou 2/3 de uma questão, ou ainda, quando um conceito foi avaliado em duas questões e ele acertou uma delas.
- ✓ **Excelente:** quando o aluno acertou entre 71,0 e 100,0%.

Essa classificação foi realizada em cada atividade para cada conceito e utilizada, posteriormente, para acompanhar a evolução dos modelos mentais dos alunos, durante o ano letivo de 2011, nas três escolas públicas envolvidas.

Para averiguar a evolução dos modelos mentais dos alunos por meio da utilização dos modelos moleculares foram propostas cinco categorias de análise:

- ✓ **Evolução significativa:** quando o aluno apresentou resultados crescentes e satisfatórios ao longo das atividades. Se, por exemplo, em relação a um determinado conceito o aluno apresentou os seguintes desempenhos: Ruim, Ruim, Bom, Bom, Excelente e Excelente, esse resultado foi considerado satisfatório (por indicar um desempenho crescente) e ele foi incluído nesta categoria.

- ✓ **Oscilação:** quando o aluno alterou resultados satisfatórios e insatisfatórios ao longo das atividades. Um exemplo é quando o mesmo apresentou os seguintes desempenhos: Ruim, Excelente, Ruim, Bom, Ruim, Excelente.
- ✓ **Regressão:** quando o aluno apresentou resultados decrescentes e insatisfatórios no decorrer da realização das atividades, como por exemplo: Excelente, Bom, Bom, Ruim, Ruim e Ruim.
- ✓ **Desempenho Constante:** quando não houve mudanças no desempenho dos alunos durante as atividades.
- ✓ **Dados insuficientes:** quando o aluno realizou no máximo duas atividades durante o ano letivo.

3.2.1.3. Entrevista

A entrevista constituiu uma etapa importante desta pesquisa. Para SZYMANSKI (2004), esta se refere a uma situação de interação humana, no caso entrevistador/entrevistado, na qual estão em jogo interpretações, expectativas, emoções, entre outros aspectos.

É fundamental, durante uma entrevista, que os objetivos e as informações pretendidas estejam claros para o entrevistador. Assim, não há necessidade de elaborar um roteiro fechado, e sim um guia que sirva de lembrete para buscar as informações (SZYMANSKI, 2004).

Ao final de cada atividade, foram entrevistados três alunos por turma, exceto no período noturno do qual foram chamados apenas dois, totalizando 169 entrevistas. A escolha dos alunos foi baseada no questionário

inicial e no seu desempenho nas primeiras atividades, em que foram classificados nas seguintes categorias: insatisfatório, intermediário e satisfatório.

Dessa maneira, foi escolhido por sorteio e para cada turma um aluno por categoria, para ser entrevistado durante todo ano letivo, com o intuito de acompanhar a evolução dos modelos mentais desses alunos. O objetivo desse instrumento de coleta de dados foi averiguar o raciocínio utilizado pelos alunos selecionados para resolverem as questões propostas.

É importante ressaltar que, antes da realização das entrevistas, houve um tempo de preparação com os alunos, pois, de acordo com GASKELL (2002), esse período cria um clima de descontração e pode fornecer informações importantes para a pesquisa. No caso, o aluno dispunha de tempo para treinar a fala e se adaptar ao gravador, tirar dúvidas do processo de gravação, entre outros.

Ao final do ano letivo, foi realizada também uma entrevista com os professores envolvidos no projeto, com o objetivo de analisar a contribuição dos modelos moleculares para a aprendizagem dos alunos.

Além das entrevistas, o processo de transcrição é um momento de análise, quando realizada pelo pesquisador. Para SZYMANSKI (2004), durante essa tarefa, vários momentos são retomados e aspectos de interação são lembrados, o que contribui para o processo de análise dos dados.

3.2.1.4. Filmagem

De acordo com REYNA (1997), a filmagem vem sendo empregada há muito tempo para registrar diferentes ações e comportamentos. A sua utilização durante uma pesquisa proporciona informações que subsidiam o texto escrito. Por meio dela, é possível realizar fotos de momentos importantes para ilustrar um fato, ou até mesmo utilizar falas e outros sons na interpretação dos dados (BELEI et al., 2008).

Assim como na entrevista, é importante que a pessoa a ser filmada se sinta à vontade durante a gravação. É comum que alunos fiquem acanhados num primeiro momento, no entanto, com o passar do tempo, acostumam-se com os equipamentos e com a situação (HEACOCK, SOUDER, CHASTAIN, 1996). Diante disso, foi essencial a fase de adaptação realizada antes da filmagem, na qual os alunos simularam entrevistas antes de cada atividade.

Nesta pesquisa, a filmagem foi realizada juntamente com as entrevistas e contou com a participação de três alunos por turma, para cada atividade. Durante o processo de filmagem, o aluno deveria representar, por meio dos modelos moleculares, uma ou mais reações químicas e explicá-las. Esse instrumento de coleta de dados é importante, visto ter sido possível analisar a representação de reações químicas no nível submicroscópico e questioná-los a partir dessa representação.

3.2.1.5. Questionário final

Ao final do ano letivo, os alunos responderam um questionário de avaliação do projeto (apêndice 08). Por meio deste, foi possível buscar a opinião dos alunos sobre o trabalho desenvolvido (aspectos positivos, negativos e sugestões), aprendizagem e motivação, entre outros.

3.2.1.6. Diário de campo

De acordo com SOUSA (2008), o diário de campo refere-se a anotações livres e individuais, no qual o pesquisador sistematiza as atividades realizadas e reflete sobre o trabalho desenvolvido.

Nesta pesquisa, esse instrumento foi utilizado para relatar as observações realizadas ao longo do ano letivo nas escolas. Por meio dele foi

possível constatar a quantidade de alunos em cada atividade, a condução das atividades, as dificuldades encontradas, os imprevistos durante a coleta de dados, entre outros aspectos. Esse recurso é importante em se tratando de um período extenso de coleta de dados.

3.2.1.7. Minicurso

Ao final do ano letivo, os alunos das três escolas públicas envolvidas no projeto foram convidados a participar de um minicurso de vinte horas, oferecido nas dependências do Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). O minicurso foi realizado no período de férias dos alunos (09 a 13 de janeiro de 2012) em dois períodos (das 8:00 até as 12:00 horas e das 14:00 às 18:00 horas). É importante ressaltar que esse minicurso consistiu na última etapa da coleta de dados.

No período da manhã participaram os alunos das escolas B e C e no período da tarde os alunos da escola A. Para fins de análise, esses alunos foram agrupados em uma turma denominada de MC (minicurso). É importante ressaltar que a participação foi voluntária e contou com a presença de 26 alunos.

O minicurso apresentou a temática “Combustíveis” e durante a sua realização os alunos participaram de várias atividades nas quais poderiam utilizar os modelos moleculares para auxiliar na resolução das questões propostas. A tabela 3.1 apresenta o cronograma do minicurso.

TABELA 3.1 - Cronograma do minicurso

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Metodologia
01	Introdução – Química, combustíveis.	Aula expositiva (experimento evidências reações químicas).
02	Combustão (combustível, comburente, energia)	Aula expositiva, experimento envolvendo a vela (oxigênio e gás carbônico).
03	Modelos moleculares	Exercícios utilizando os modelos moleculares.
04	Polaridade e o teste da gasolina	Aula expositiva e experimento (água-óleo, óleo-gasolina); experimento da porcentagem de álcool na gasolina).
05	Discussão da gasolina e impactos causados pela queima de combustíveis fósseis	Aula expositiva e experimento (simulação da chuva ácida).
06	Modelos moleculares	Exercícios utilizando os modelos moleculares.
07	Fermentação e a produção de álcool	Aula expositiva e experimento;
08	Discussão gasolina x álcool	Debate.
09	Hidrogênio combustível	Discussão e experimento.
10	Modelos moleculares	Exercícios utilizando os modelos moleculares.
11	Biodiesel	Aula expositiva e debate.
12	Produção do biodiesel	Experimento.
13	Modelos moleculares	Exercícios utilizando os modelos moleculares.
14	Energia dos alimentos	Aula expositiva.
15	Determinação das calorias de alimentos	Aula expositiva e experimento.
16	Modelos moleculares	Exercícios utilizando os modelos moleculares.

3.2.2. Coleta de dados nas escolas

A coleta de dados teve início no primeiro contato com os alunos. Nesse dia, foram discutidos os objetivos do projeto e a forma como este seria desenvolvido ao longo do ano letivo. Nesse primeiro contato, os alunos responderam o questionário inicial, no intuito de levantar os conhecimentos prévios e contribuir para o processo de categorização, que foi utilizado posteriormente na escolha dos alunos a serem entrevistados.

Antes da aplicação da primeira atividade envolvendo os modelos moleculares, o pesquisador trabalhou com as turmas alguns conceitos básicos sobre transformações (química e física) e realizou, junto aos alunos, uma atividade experimental referente a evidências de reações químicas (caixa de experimentos disponibilizada pela experimentoteca do CDCC/USP). Essa atividade foi importante, visto que o tema transformação permeia o currículo do primeiro ano do Ensino Médio.

Após a realização da atividade experimental, houve a introdução dos modelos moleculares e das balanças. Por se tratar de materiais didáticos pouco (ou nada) explorados pelos professores, foi necessária uma fase de adaptação, antes do início das atividades. Durante esse tempo, que durou em média três aulas, os alunos montaram e pesaram modelos de moléculas, representaram reações químicas, balancearam, entre outros procedimentos, com o intuito de familiarizar-se com tais recursos.

Posteriormente à fase de adaptação, deu-se início à primeira atividade. Para a sua realização, os alunos receberam um kit do modelo molecular Atomlig[®] e uma balança de plástico. Ressalta-se que durante a fase de adaptação os alunos utilizaram esses recursos didáticos de maneira semelhante à apresentada nas atividades realizadas ao longo do ano letivo. Esses materiais poderiam ajudar em todas as questões, como por exemplo, no balanceamento químico, Lei de Lavoisier, representação das espécies químicas no nível submicroscópico, entre outras.

Em outro momento, houve a aplicação da segunda atividade. Para a sua realização, os alunos dispunham dos modelos moleculares Atomlig[®] e da balança de plástico. Essa atividade foi dividida em duas partes, sendo desenvolvida em duas aulas.

Após as duas primeiras atividades, foi realizada a tabulação dos dados obtidos que, conjuntamente com o questionário inicial, contribuiu para classificar os alunos em três categorias, de acordo com o seu desempenho. Essa fase foi importante, visto que a escolha dos alunos entrevistados dependia dela. Assim, foram escolhidos por sorteio três alunos de cada turma, um de cada categoria, para serem entrevistados durante o ano letivo, com a finalidade de acompanhar a evolução dos modelos mentais desses alunos.

Após a escolha dos alunos, iniciaram-se as entrevistas e as filmagens (apêndice 09) das duas primeiras atividades. Essa etapa contou com a colaboração de professores de outras áreas, uma vez que as entrevistas foram realizadas em horário regular de aula, necessitando da liberação dos alunos da sala de aula.

Após as entrevistas, o pesquisador retornou as salas e discutiu com os alunos as duas atividades, inclusive montando as espécies químicas envolvidas em cada atividade e pesando-as com o auxílio da balança de plástico. Dessa forma, o pesquisador voltou à sala de aula para proporcionar um retorno aos alunos daquilo que fora realizado e assim tirar as dúvidas ainda existentes.

Na sequência do cronograma, foi desenvolvida a terceira atividade. Para a sua realização os alunos dispunham do kit de modelo molecular Atomlig[®] e da balança de plástico para auxiliar nas questões propostas. A seguir, foram realizadas as entrevistas com os alunos selecionados e, após essa etapa, o pesquisador retornou à sala para discutir os exercícios.

Esta sequência de aplicação, entrevista e discussão coletiva foi adotada nas demais atividades.

Ao final do ano letivo, os alunos responderam o questionário final no intuito de avaliar a utilização dos modelos moleculares durante o ano letivo. Além disso, foi divulgado o minicurso que consistiria na última etapa da coleta dos dados, e realizadas as inscrições dos interessados em participar. A tabela 3.2 resume as etapas desta pesquisa.

TABELA 3.2 - Cronograma da pesquisa desenvolvida ao longo do ano letivo de 2011, nas três escolas públicas selecionadas.

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (aula)	Metodologia
01	Questionário inicial	01	Aplicação de um questionário objetivo contendo doze questões.
02	Tipos de transformações	01	Realização de uma atividade experimental sobre transformações – evidências.
03	Fase de adaptação	03	Adaptação aos modelos: balanceamento, conservação (massa e átomos), representação de reações e afins.
04	Aplicação - atividade 01	01	Aplicação de questões, envolvendo os conceitos escolhidos, utilização dos modelos moleculares e balança.
05	Aplicação - atividade 02	02	Aplicação de questões e utilização dos modelos moleculares e balança.
06	Entrevistas das atividades 01 e 02	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
07	Discussão das atividades 01 e 02	01	Correção na lousa das questões, incluindo montagem dos modelos moleculares e pesagem desse material.
08	Aplicação - atividade 03	01	Aplicação de questões e utilização dos modelos moleculares.

Sequência didática	Atividades desenvolvidas	Duração (aula)	Metodologia
09	Entrevistas da atividade 03	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
10	Discussão da atividade 03	01	Correção na lousa das questões, incluindo montagem dos modelos moleculares.
11	Aplicação - atividade 04	01	Aplicação de questões e utilização dos modelos moleculares.
12	Entrevistas da atividade 04	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
13	Discussão da atividade 04	01	Correção na lousa das questões, incluindo montagem dos modelos moleculares.
14	Aplicação - atividade 05	01	Aplicação de questões e utilização dos modelos moleculares.
15	Entrevistas da atividade 05	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
16	Discussão da atividade 05	01	Correção na lousa das questões, incluindo montagem dos modelos moleculares.
17	Aplicação - atividade 06	01	Aplicação de questões e utilização dos modelos moleculares.
18	Entrevistas da atividade 06	-	Entrevistas e filmagens (03 alunos por sala)
19	Discussão da atividade 06	01	Correção na lousa das questões, incluindo montagem dos modelos moleculares.
20	Questionário final	01	Avaliação do curso por meio de um questionário.
21	Divulgação do minicurso	01	Divulgação do curso e inscrição dos alunos interessados.
Total: 19 aulas/turma = 190 aulas ao longo do projeto			

Ao todo, foram realizadas 19 intervenções em cada turma, totalizando 190 aulas nas três escolas públicas ao longo do ano letivo de 2011.

3.2.3. Considerações sobre a coleta de dados nas escolas

Como se trata de uma pesquisa realizada em sua maior parte dentro da rotina escolar, houve contratempos, tais como a falta de professores, excursões marcadas, simulados, avaliações externas, entre outros. No entanto, esses problemas foram resolvidos junto à Coordenação e professores, o que não prejudicou o andamento do trabalho.

Em relação aos alunos, foi possível perceber que muitos estavam preocupados com as notas, e a todo o momento questionavam se as atividades valiam nota ou mesmo ponto positivo. É importante ressaltar que no primeiro contato com os alunos foi discutida a importância do projeto para a aprendizagem e que as atividades não estavam atreladas às notas do professor. No entanto, no decorrer do ano letivo alguns professores decidiram oferecer nota de participação aos alunos que fizessem as atividades propostas.

3.2.4. Considerações sobre a análise dos dados

A teoria dos modelos mentais será utilizada como referencial de análise dos resultados obtidos com a aplicação do projeto. No entanto, considera-se aqui a necessidade de buscar em outros referenciais o apoio necessário à compreensão do processo de aprendizagem, pelo qual passaram os alunos sujeitos desta pesquisa. A avaliação da aprendizagem de um conceito isolado – qualquer que seja – deve ser cautelosa no sentido de considerar que os processos cognitivos associados à pretendida aprendizagem são complexos e, dificilmente, podem ser explicados com base em apenas uma teoria. Nesse

sentido, buscaremos o apoio, quando necessário, à compreensão do sentido de modelo como forma de representação daquilo que não pode ser o próprio objeto de estudo (uma molécula, por exemplo), prática esta comum no meio científico.

Em outros momentos, será necessário considerar o que o aluno já sabe, seus conhecimentos prévios (escolares, neste projeto), suas diferentes manifestações, seu comportamento durante a atividade, entre outros. Nesses casos, recorreremos à noção de perfil conceitual, como forma de tentar explicar as diferentes manifestações dos alunos diante de uma atividade com os modelos moleculares. Finalmente, recorreremos à teoria da aprendizagem significativa, em apoio à dos modelos mentais, como forma de avaliar a aprendizagem dos diversos conceitos trabalhados no ano letivo durante a realização do minicurso. A figura 3.1 representa na forma de um esquema, uma síntese de como os dados serão discutidos e analisados.

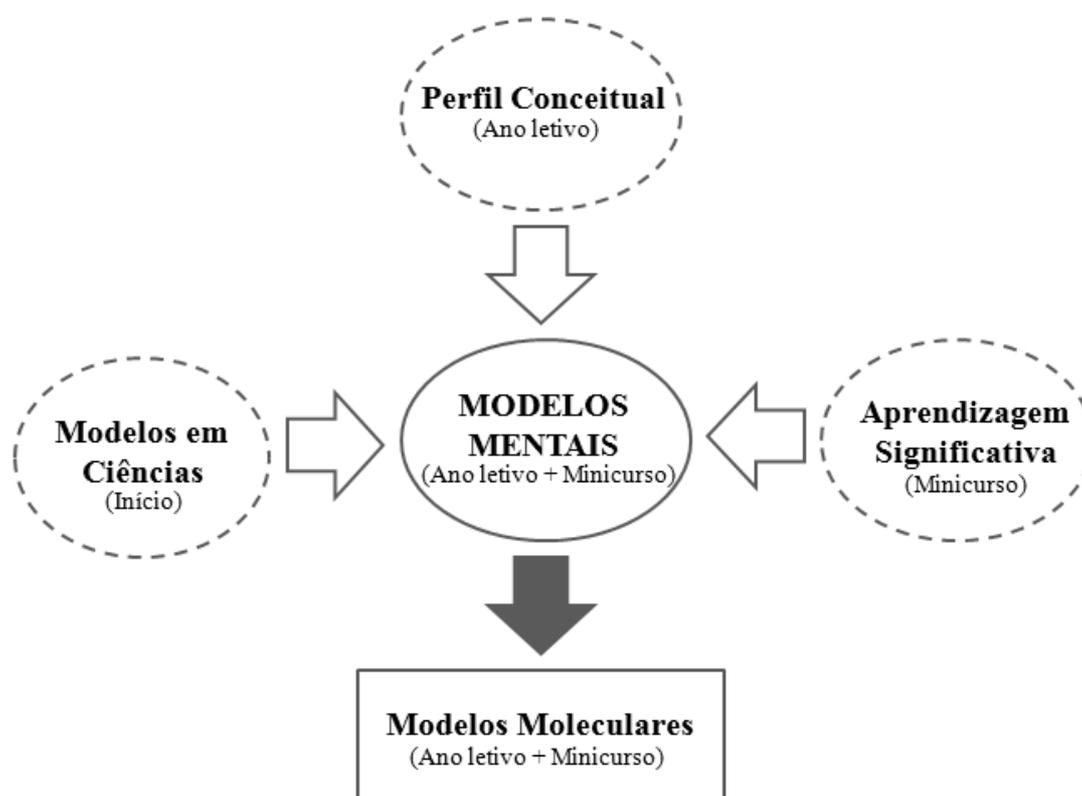


FIGURA 3.1 - Síntese de como serão utilizados os referenciais teóricos na análise dos dados obtidos.

3.3. Caracterização dos sujeitos e do ambiente de Pesquisa

Escola A

A escola A está localizada na região central do município de Ibaté/SP e atendeu a 1.000 alunos de diferentes regiões da cidade, matriculados no Ensino Fundamental e Médio em 2011. A escola possui amplo espaço físico, com 12 salas de aula, biblioteca, sala de informática, sala de vídeo e quadra coberta. A escola trabalha com 4 turmas do primeiro ano do Ensino Médio, sendo três no período matutino, com média de 40 alunos por sala, e uma no período noturno com média de 20 alunos. Para fins de análise, essas turmas foram identificadas como A1, A2, A3 e A4.

No ano de 2011, a escola A contou com três professores de Química, que foram identificados por P1, P2 e P3. O professor P1 é formado em Ciências Biológicas com habilitação em Química e atua na rede estadual há 16 anos. Atualmente, está lecionando em três escolas da rede pública de ensino. A professora P2 tem licenciatura em Química e atua na rede de ensino há 10 anos. Atualmente, leciona em duas escolas públicas e em uma escola privada.

O professor P3 tem Licenciatura em Química e trabalha na rede estadual há 18 anos. Além dessa escola, o professor P3 leciona no sistema privado.

Escola B

A escola B está localizada na periferia de São Carlos e atendeu 1.093 alunos em 2011, em sua maioria proveniente de bairros da periferia e da zona rural. Possui amplo espaço físico, contando com 14 salas de aula, biblioteca, laboratório de informática e uma quadra poliesportiva coberta.

Nessa escola funcionam três diferentes níveis de ensino: fundamental, médio e educação de jovens e adultos (EJA). Em relação ao primeiro ano do ensino médio, a escola B possui três turmas no período matutino, com a média de 29 alunos por sala. Para fins de análise, essas turmas foram denominadas de B1, B2 e B3.

Em 2011, a escola B contou com a presença de uma professora de Química. No entanto, participaram deste projeto duas professoras, pois uma delas precisou tirar licença em alguns momentos durante o ano. É importante ressaltar que a professora substituta, identificada por P4, foi a mesma em todas as ausências da professora efetiva. A professora P4 tem bacharelado em Química e leciona em duas escolas públicas e atua há dois anos na rede Estadual de ensino.

Escola C

A escola C está localizada em uma região central da cidade de São Carlos e atendeu, em 2011, cerca de 500 alunos, em sua maioria proveniente de bairros próximos à escola e da periferia. Possui amplo espaço físico com quadra poliesportiva, laboratório de ciências e informática. Além disso, a escola oferece curso de línguas para os matriculados na rede estadual de ensino. A escola trabalha com três salas do primeiro ano do Ensino Médio, todas no período matutino, com média de 22 alunos por sala.

Em 2011, a escola contou com uma professora de Química no quadro de docentes, identificada nessa pesquisa como P5. Essa professora cursou Ciências Físicas e Biológicas com habilitação em Química e, atualmente, está lecionando em duas escolas públicas do município. A professora P5 atua na rede estadual há 17 anos. A seguir, serão apresentados os resultados desta pesquisa.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

"No meio da dificuldade vive a oportunidade."

Albert Einstein.

O capítulo 4 apresenta uma discussão referente à evolução dos modelos mentais dos alunos em relação aos diferentes conceitos químicos, tanto ao longo do ano letivo quanto durante o minicurso. Para a discussão dos resultados, será apresentada uma análise minuciosa de uma turma de uma das escolas participantes desta pesquisa (turma A1), sendo que, para as demais, a análise será de forma sucinta, destacando o desempenho geral e os aspectos que apresentaram divergência considerável em relação à mencionada. Ressalta-se que os critérios de análise dos dados de todas as turmas foram iguais aos da turma A1, cuja análise minuciosa será apresentada neste capítulo. Este capítulo contém ainda a avaliação deste projeto de pesquisa, do ponto de vista dos alunos e professores.

A seguir, será apresentado o desempenho da turma A1 no questionário inicial e nas atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo.

Escola A - Turma A1

A turma A1 era formada por 40 alunos que foram avaliados em relação à evolução dos modelos mentais de diferentes conceitos químicos. Para fins de análise, eles foram identificados por números compreendidos entre 01 e 40. É importante ressaltar que as atividades foram realizadas individualmente e cada aluno dispunha de um kit do modelo molecular Atomlig[®] e de uma balança de plástico para auxiliar nas questões propostas. A utilização dos modelos

moleculares ficou a critério de cada aluno podendo, assim, utilizá-los em todas as questões.

Na turma A1, 7,5% dos alunos participou de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Dessa forma, seus resultados foram insuficientes para averiguar a evolução dos modelos mentais durante o período de estudo. Assim, tais dados não foram contabilizados na análise.

A seguir, será explorado o desempenho da turma A1 no questionário inicial.

4.1. Desempenho da turma A1 no questionário inicial

Na turma A1, 28 alunos responderam ao questionário inicial (apêndice 01) que tinha por objetivo levantar os conhecimentos prévios referentes aos conceitos: transformação e modelo. Conforme aponta MORTIMER (1996), essa etapa é importante, uma vez que a aprendizagem está relacionada com a experiência do aluno, ou seja, aquilo que ele já traz como conhecimento.

De maneira geral, os alunos da turma A1 apresentaram resultados satisfatórios no questionário inicial. Em relação ao conceito de transformação, 14,3% apresentaram um desempenho “Ruim”, 64,3% um resultado “Bom” e 21,4% um desempenho “Excelente”. A questão que apresentou maior dificuldade se referia à compreensão do processo de transgênese, conforme figura 4.1:

05. Em relação à tecnologia utilizada na produção de organismos transgênicos, é correto afirmar que:

- a) os genes são alterados para que seus descendentes sofram mutação.
- b) um ser transgênico é obtido em laboratórios a partir de materiais sintéticos.
- c) somente pode ser aplicada no cruzamento entre duas espécies diferentes.
- d) tem como objetivo preservar as características de um ser vivo eternamente.
- e) a tecnologia somente pode ser aplicada em seres utilizados como alimento.

FIGURA 4.1 – Questão 05 do questionário inicial.

Nessa questão, apenas 14,3% dos alunos da turma A1 responderam corretamente a alternativa “a”, na qual se afirmava que *os genes são alterados para que seus descendentes sofram mutação*. Tal fato evidencia que poucos alunos apresentaram um bom modelo mental sobre o processo de transgênese.

A maioria (39,3%) assinalou a alternativa “b” na qual se mencionava que um ser transgênico é obtido em laboratórios a partir de materiais sintéticos. Outra opção bastante assinalada foi a alternativa “c” (21,4%) que mencionava a possibilidade de cruzamento apenas entre seres de espécies diferentes. Uma parcela de 14,3% assinalou a alternativa “d” que apontava que os organismos transgênicos apresentam como objetivo preservar as características de um ser vivo eternamente. Uma parcela de 10,7% marcou a opção “e” que afirmava que a tecnologia envolvida poderia apenas ser aplicada em alimentos.

Diante disso, pode-se inferir que a maioria dos alunos da turma A1 não apresentou os conhecimentos necessários para a compreensão da questão envolvendo o processo de transgênese. Os resultados aqui expressos são semelhantes aos encontrados por PEDRANCINI et al. (2008) e SILVA e RIBEIRO (2009) que constataram as dificuldades dos alunos do Ensino Médio para interpretar as questões envolvendo essa temática.

Nas demais questões, os alunos da turma A1 apresentaram resultados satisfatórios. A figura 4.2 refere-se à questão 01 do questionário inicial.

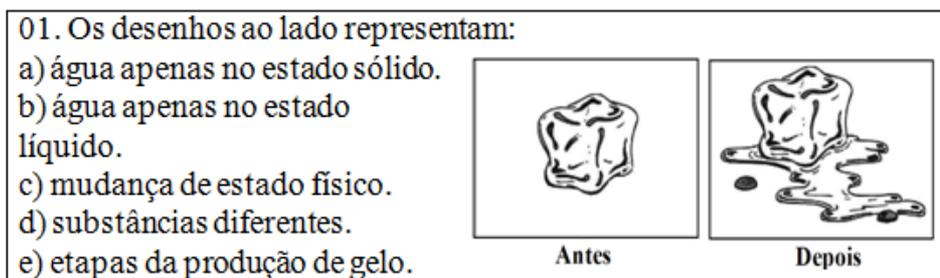


FIGURA 4.2 - Questão 01 do questionário inicial.

A questão representada na figura 4.2 se referia a uma transformação física envolvendo a água. A maioria dos alunos (85,7%) assinalou corretamente a alternativa “c” que mencionava se tratar de uma mudança de estado físico. Para uma parcela de 7,1% dos alunos, a figura refere-se às etapas da produção do gelo, enquanto que para 3,6% está relacionada à água apenas no estado sólido. Uma parcela de 3,6% assinalou que a figura se relaciona com a água apenas no estado líquido. Não houve registros para a alternativa “d”.

Em relação ao desempenho nessa questão, pode-se inferir que os alunos não apresentaram dificuldades na identificação de uma transformação física, o que evidencia que estes apresentam um bom modelo mental para o conceito de transformação física. Tal desempenho pode ser justificado pelo fato de os alunos já terem estudado as diferenças entre as transformações físicas e químicas nas primeiras aulas do ano letivo com o professor da turma.

A questão 02 envolvia um conceito de transformação química, conforme figura 4.3.

02. Em relação à figura ao lado, é correto afirmar que:

- a presença do ferro altera as propriedades da água.
- a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho.
- o prego é preservado quando colocado em água.
- a água utilizada tem alguma propriedade especial.
- o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água.

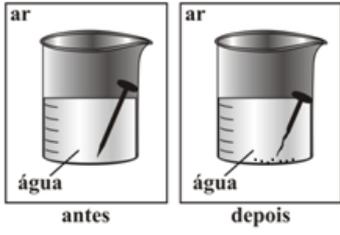


FIGURA 4.3 - Questão 02 do questionário inicial.

Uma parcela de 39,3% assinalou corretamente a alternativa “e” na qual apontava que o prego sofre modificações quando colocado em água, o que evidencia que estes apresentaram um bom modelo mental sobre uma transformação química.

Em relação a essa questão, foi possível constatar que, de maneira geral, os alunos da turma A1 apresentaram dificuldades durante a resolução. Tal fato foi evidenciado pela distribuição das respostas. Entre as incorretas, destacou-se a alternativa “b” na qual 21,4% dos alunos assinalaram que durante a corrosão, os materiais sofrem apenas uma redução de tamanho, ou seja, o prego ficaria menor com o passar do tempo se estiver mergulhado em água.

Uma parcela considerável dos alunos (21,4%) assinalou a opção “d” na qual mencionava que a água teria alguma propriedade especial que fosse capaz de proporcionar a corrosão e uma parcela de 17,9% apontou para o fato de que o prego altera as propriedades da água. Uma evidência que pode ter induzido os alunos a essa alternativa é a presença de pequenos pedaços de ferro na água provenientes da corrosão. Dessa forma, os alunos associaram a presença desses fragmentos com as propriedades da água. Não houve registro para a alternativa “c”.

A questão 03 referia-se a uma transformação física presente em uma usina hidrelétrica, de acordo com a figura 4.4.

03. Aponte a alternativa que melhor explica como é produzida eletricidade em uma usina hidrelétrica.

- a) A produção envolve diferentes estados físicos da água.
- b) A água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica.
- c) A água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica.
- d) A água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica.
- e) A água resfria as turbinas que geram energia elétrica.

FIGURA 4.4 - Questão 03 do questionário inicial.

A maioria dos alunos da turma A1 (82,1%) assinalou corretamente a alternativa “d”, na qual apontava que a água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica. Diante dos resultados desta questão, constatou-se que os alunos não apresentaram dificuldades para a sua compreensão, apresentando dessa forma um bom modelo mental sobre a produção de energia elétrica.

Uma parcela de 7,1% mencionou que a energia é obtida por meio do vapor de água e essa mesma porcentagem marcou que a água resfria as turbinas que produzem a energia elétrica. Para 3,6% dos alunos, a água resfria as baterias responsáveis pelo fornecimento de energia. É importante ressaltar que, mesmo não sendo uma questão diretamente relacionada à Química, o conceito de transformação está presente, e a sua compreensão se faz importante para a aprendizagem dessa disciplina.

A figura 4.5 se refere ao processo de produção de uma bebida a partir de uma fruta:

04. A figura ao lado pode ser representativa de:

- a) processo de engarrafamento de uvas.
- b) etapa necessária ao plantio de uvas.
- c) transformação que produz uma bebida.
- d) dois produtos industrializados.
- e) etapa de aquecimento na produção de vinho.

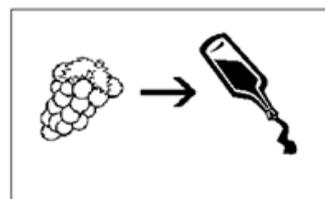


FIGURA 4.5 - Questão 04 do questionário inicial.

A maioria dos alunos da turma A1(82,1%) assinalou corretamente a alternativa “c” na qual se referia a uma transformação que produz uma bebida. Dessa forma, essa questão não apresentou dificuldades para os alunos, o que evidencia que estes apresentaram um bom modelo mental sobre o processo de transformação da fruta em bebida.

Uma parcela de 10,7% marcou a alternativa “e” que mencionava se tratar de uma etapa de aquecimento na produção vinho e 7,1% marcou a opção que apontava para o processo de engarrafamento de uvas. Nesse caso, pode-se inferir que os alunos não compreenderam a seta como uma transformação da uva em bebida, mas sim que a uva deveria ser inserida dentro de uma garrafa. Não houve registros para as alternativas “b” e “d”.

A questão 06 se refere a um processo biológico denominado de metamorfose, conforme figura 4.6:

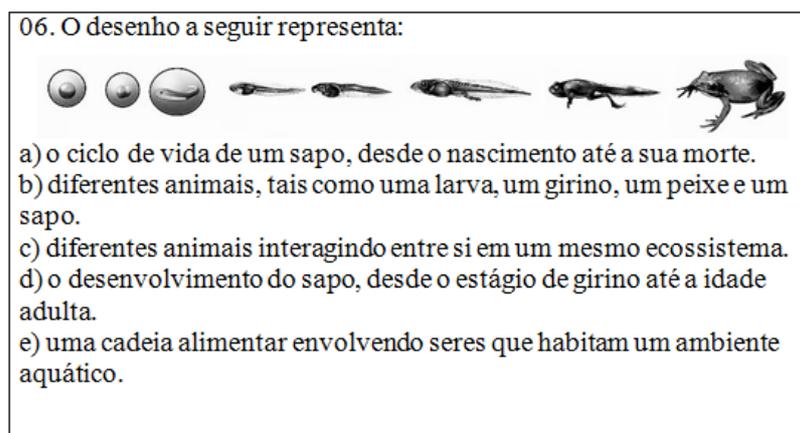


FIGURA 4.6 - Questão 06 do questionário inicial.

Assim como nas questões 01, 03 e 04, os alunos da turma A1 não apresentaram dificuldades durante a resolução da questão 06, uma vez que a maioria (82,1%) assinalou corretamente a alternativa “d” que mencionava se tratar do desenvolvimento de um sapo. Dessa forma, constatou-se que esses alunos apresentaram um bom modelo mental sobre o processo de metamorfose. Uma parcela de 17,9% assinalou que a figura referia-se ao ciclo de vida de um sapo. Nesse caso, provavelmente o aluno associou as diferentes etapas do desenvolvimento com o ciclo, no entanto, não percebeu que a representação não

mencionava a morte, o que inviabiliza um ciclo de vida. Não houve registros de respostas para as alternativas “b”, “c” e “e”.

A busca pelos conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conceito de transformação foi importante, visto que este permeou o conteúdo de Química trabalhado ao longo do ano letivo e serviu como ponto de partida para a interpretação e análise dos dados.

Em relação ao conceito de “modelo”, 25,0% dos alunos apresentaram um desempenho “Ruim”, 64,3% um resultado “Bom” e 10,7% um desempenho “Excelente”. A questão que apresentou maior dificuldade se referia a um modelo do sistema solar, conforme figura 4.7:

11. Sobre a figura ao lado, é possível afirmar que trata-se de:

- a) uma foto do sistema solar
- b) um desenho do sistema solar
- c) o centro da via láctea
- d) foto de um buraco negro
- e) sol girando em torno de planetas

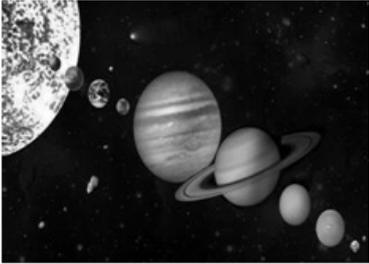


FIGURA 4.7 - Questão 11 do questionário inicial.

Os alunos da turma A1 apresentaram dificuldades na questão 11. Apenas 10,7% responderam corretamente a alternativa “b”, que se referia a um desenho do sistema solar.

A maioria dos alunos (78,6%) respondeu que a figura se tratava de uma foto do sistema solar. Nesse caso, os alunos não atentaram para o fato da impossibilidade de tirar uma foto do sistema solar da maneira como está no desenho. Assim, este se refere apenas a um modelo do sistema solar.

Uma parcela de 10,7% assinalou a alternativa “e” na qual apontava que a figura se referia ao sol girando em torno de planetas. Nesse caso, os alunos não apresentaram os conhecimentos básicos sobre a movimentação dos

planetas, uma vez que estes giram em torno do sol, e não o contrário, como apresentado na questão. Não houve registro para as alternativas “c” e “d”.

A questão 12 também apresentou um índice elevado de erro. Esta foi inspirada em uma obra do pintor belga René Magritte, no qual pintou um quadro de um cachimbo com os dizeres em francês “*Ceci n’est pas une pipe*”, que significa “isto não é um cachimbo”. A figura 4.8 representa essa obra.



FIGURA 4.8 - Imagem da obra do pintor belga René Magritte.

Na ocasião, essa obra intrigou muitas pessoas. Na verdade, a mesma se refere a uma representação do cachimbo, e não ao cachimbo em si. A figura 4.9 representa a questão baseada nessa obra.

12. Se a afirmação na figura ao lado é correta, então o desenho representa:

- a) um pepino.
- b) um cachimbo.
- c) chuveiro de ponta cabeça.
- d) madeira em chamas.
- e) xícara de café quente.



Isto não é um cachimbo

FIGURA 4.9 - Questão 12 do questionário inicial.

Uma parcela de 39,3% assinalou corretamente a alternativa “b” que apontava para o desenho de um cachimbo. Nesse grupo, provavelmente os alunos perceberam que se tratava de uma representação do objeto, e não ele em

si, o que pode ser uma evidência de que tais alunos possuem um bom modelo mental sobre modelo.

Metade dos alunos assinalou a alternativa “c” na qual mencionava que a figura se referia a um chuveiro de ponta cabeça, enquanto que uma parcela de 10,7% assinalou a opção “e” que se tratava de uma xícara de café quente. Essa questão repercutiu bastante entre os alunos, que argumentaram que se tratava de uma “pegadinha”.

Em relação às demais questões, os alunos da turma A1 apresentaram resultados satisfatórios. A figura 4.10 representa questão 07 do questionário inicial referente ao conceito de massa.

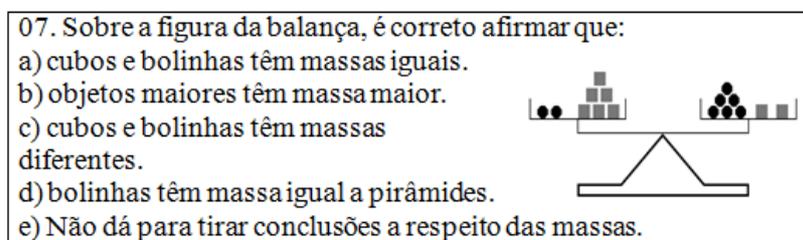


FIGURA 4.10 - Questão 07 do questionário inicial.

A maioria dos alunos (64,3%) assinalou corretamente a alternativa “a” na qual apontava que os cubos e as bolinhas têm massas iguais. Nesse caso, evidencia-se que esses alunos apresentaram um bom modelo mental referente à massa e a um sistema em equilíbrio, o que pode ser importante para a compreensão de inúmeros conceitos químicos, tais como a Lei de Lavoisier.

Uma parcela de 14,3% assinalou que não dá para tirar conclusões a respeito das massas. Nesse caso, pode-se inferir que, para esses alunos, a massa de um objeto só pode ser determinada por meio da utilização de uma balança.

A alternativa “c” que mencionava se tratar de objetos de massas diferentes foi assinalada por 10,7% dos alunos. Nesse caso, estes não perceberam o equilíbrio entre os pratos, e provavelmente levou em consideração o argumento de que objetos diferentes devem possuir massas diferentes.

Uma parcela de 7,1% assinalou a alternativa “b” que mencionava que os objetos maiores apresentam massas maiores, enquanto que 3,6%

marcaram a alternativa “d” que apontava que as bolinhas têm massa igual a pirâmides.

A figura 4.11 representa um modelo de previsão do tempo.

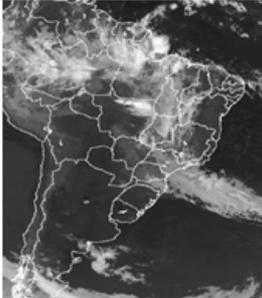
<p>08. A previsão do tempo é baseada em:</p> <ul style="list-style-type: none">a) cálculos que consideram: temperatura, pressão, umidade e ventos.b) observação do céu por pessoas bem treinadas, como técnicos e cientistas.c) média das chuvas dos últimos dez anos, já que a média é constante.d) percurso das chuvas, já que chuvas mudam de lugar.e) no comportamento de animais e plantas.	
--	--

FIGURA 4.11 - Questão 08 do questionário inicial.

No geral, os alunos da turma A1 não apresentaram dificuldades na questão 08 do questionário inicial. A maior parte (78,6%) assinalou corretamente a alternativa “a” que apontava que a previsão do tempo é baseada em cálculos que levam em consideração a temperatura, pressão, umidade e ventos. Dessa forma, pode-se inferir que a maioria dos alunos apresentou um bom modelo mental sobre a previsão do tempo.

Uma parcela de 14,3% marcou a opção “b” que mencionava que a previsão do tempo é realizada pela observação do céu por pessoas treinadas, como cientistas e técnicos, e 7,1% assinalaram a alternativa “d”, que colocava ser a previsão baseada no percurso das chuvas, uma vez que essas mudam de lugar. Não houve registro para as alternativas “c” e “e”. Nesse caso, constatou-se que a maioria dos alunos apresentou um bom modelo mental sobre a previsão do tempo.

A figura 4.12 apresenta um modelo de estação de tratamento de água (ETA).

09. A figura ao lado representa:

- os diferentes usos da água na sociedade.
- o ciclo completo da água na natureza.
- a contaminação da água em uma represa.
- a importância da água para as plantas.
- uma estação de tratamento de água.

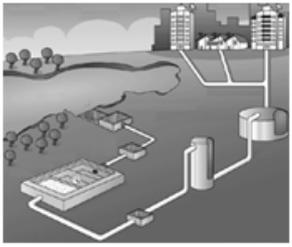


FIGURA 4.12. Questão 09 do questionário inicial.

A maioria dos alunos da turma A1 (96,4%) assinalou corretamente a alternativa “e” que apontava que a figura se referia a uma estação de tratamento de água, o que evidencia que esses alunos apresentaram um bom modelo mental a respeito de uma estação de tratamento de água. Esse desempenho elevado pode ser explicado pelo fato de os alunos já terem estudado esse assunto em outros momentos. Na turma A1, inclusive, o professor argumentou que os alunos já haviam visitado uma ETA e depois construíram uma maquete sobre o local. Tal fato contribuiu para que os alunos apresentassem um bom modelo mental nessa questão.

Uma pequena parcela de 3,6% marcou a opção “a” na qual apontava que a figura se referia aos diferentes usos da água na sociedade. Não houve registros para as alternativas “b”, “c” e “d”.

A figura 4.13 apresenta a questão 10 do questionário inicial, referente a um projeto elétrico de residência.

10. O desenho ao lado representa qual parte do projeto de uma residência?

- fundação.
- hidráulica.
- elétrica.
- portas e janelas.
- fachada.

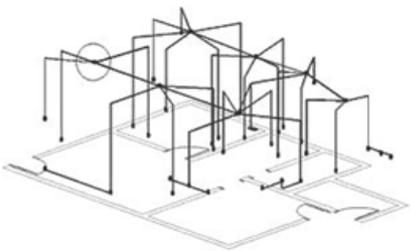


FIGURA 4.13 - Questão 10 do questionário inicial

Pôde-se constatar que os alunos apresentaram dificuldades para responder a questão 10 do questionário inicial. A maioria (46,4%) assinalou

corretamente a alternativa “c” que apontava se tratar de um projeto elétrico de uma residência. Dessa forma, pode-se inferir que estes apresentaram um bom modelo mental sobre o projeto elétrico de uma residência.

Um número considerável dos alunos (25,0%) marcou a opção “d” na qual corresponderia a um projeto de portas e janelas. A alternativa “b” na qual apontava se tratar de um projeto hidráulico de uma residência foi marcada por 14,3% dos alunos. Uma parcela de 7,1% dos alunos respondeu se tratar de um projeto de fundação e a mesma porcentagem (7,1%) de um projeto de fachada de residência. De maneira geral, a dificuldade pode estar relacionada ao fato de os alunos não terem acesso facilmente a um projeto elétrico de uma residência.

De maneira geral, pode-se inferir que os alunos da turma A1 apresentaram indícios de possuir os conhecimentos básicos no tocante ao conceito de “modelo”, o que pode contribuir diretamente para a aprendizagem desses alunos em Química, uma vez que esta envolve a utilização e compreensão de modelos, conforme aponta GILBERT e BOULTER (1998).

É importante ressaltar que a Química é construída por meio de modelos, ou seja, a todo o momento utilizam-se modelos para explicar um conceito ou fenômeno. Dessa forma, a sua compreensão pode ir além da simples memorização de fórmulas e equações, conforme defende CLEMENT (2000) e contribuir diretamente para a elaboração de modelos mentais mais sofisticados.

A seguir, será explorado o desempenho dos alunos da turma A1 nos diferentes conceitos químicos avaliados ao longo do ano letivo.

4.2. Desempenho dos alunos da turma A1 nos diferentes conceitos químicos ao longo do ano letivo.

Ressalta-se que as atividades foram elaboradas de modo que os alunos pudessem utilizar os modelos moleculares em todas as questões propostas, pois conforme aponta GIBIN e FERREIRA (2010), os modelos mentais são construídos, predominantemente, pela relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico. Nesse sentido, os autores mencionam a importância da utilização de materiais concretos, tais como os modelos moleculares para o processo elaboração de modelos mentais mais elaborados.

Ainda nesse sentido, GIBIN (2009) enfatiza que a explicitação dos modelos mentais se torna possível quando o professor dá liberdade para os alunos se expressarem, seja por meio do relato escrito ou mesmo oral. Diante disso, foram utilizados nesta pesquisa o relato escrito (provenientes das atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo e no minicurso) e o oral (entrevistas e filmagens). Ainda no relato escrito, utilizou-se da combinação de proposições articuladas e de imagens, conforme menciona JOHNSON-LAIRD (1983) para a verificação e acompanhamento dos modelos mentais dos alunos ao longo do ano letivo.

O desempenho dos alunos da turma A1 será discutido por conceito. Para cada um, serão apresentados os dados gerais da turma e um exemplo de cada categoria de desempenho (evolução significativa, oscilação, regressão e constante).

A) Substância

Antes de iniciar a análise do desempenho dos alunos da turma A1 para o aprendizado do conceito de substância, cabe aqui fazer algumas

considerações sobre as diversas figuras produzidas pelos alunos e que acompanham esta análise.

SOUZA (2009) propôs a uma turma de alunos de um curso de pós-graduação em Química, formada por 55,5% de doutorandos, que representassem o fenômeno da dissolução do cloreto de sódio em água, no nível submicroscópico, considerando as espécies químicas envolvidas (moléculas e íons). Os resultados obtidos mostraram claramente que, mesmo para esses estudantes, a representação de fenômenos químicos simples no nível submicroscópico não é fácil, conforme figura 4.14:

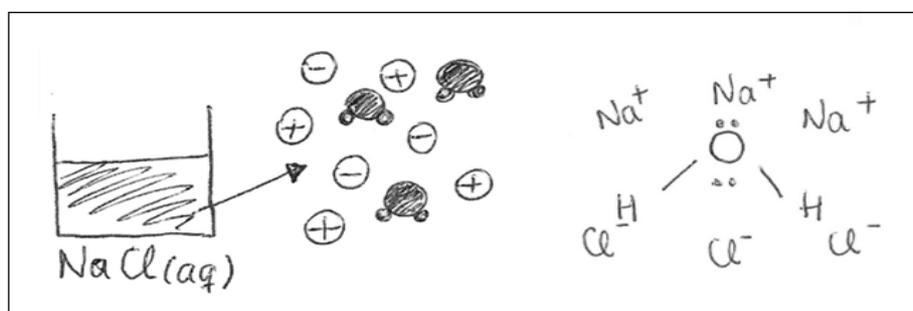


FIGURA 4.14 - Representação do fenômeno da dissolução de NaCl em água, por alunos da pós-graduação em Química.

Cabe considerar que no trabalho desenvolvido por SOUZA (2009), os dados se referem a um público – pós-graduandos em Química – que está habituado com representações semelhantes que podem ser encontradas nos mais diversos livros de Química, além de outros materiais didáticos (filmes, software, e outros).

Nesse sentido, deve-se reconhecer o esforço despendido pelos alunos de Ensino Médio que participaram desta pesquisa, ao serem solicitados a executar tarefa semelhante, nas diversas atividades desenvolvidas.

Cientes desse esforço, devemos analisar as figuras que seguem com o olhar atento para os indícios de aprendizagem de um conceito novo para o aluno e para o qual a atividade foi elaborada e aplicada.

O conceito “substância” foi avaliado por meio da representação das substâncias químicas envolvidas em uma (ou mais) reação química no nível

submicroscópico. A representação por meio de imagens é importante, pois, conforme salienta COSTA (2005), elas estão diretamente relacionadas à construção de representações internas, ou seja, na construção de modelos mentais acerca de um conceito ou evento.

Nas questões envolvendo o conceito “substância”, os alunos dispunham da reação química no nível simbólico e dos modelos moleculares. Assim, eles poderiam montar as espécies químicas envolvidas na reação e, em seguida, desenhá-las na folha de resposta.

A maioria dos alunos da turma A1 (56,8%) apresentou uma evolução significativa desse conceito ao longo do ano letivo. Na primeira atividade, por exemplo, cerca de 90,0% dos alunos apresentaram um desempenho “Ruim” para o conceito substância, enquanto que na última apenas 6,9% apresentaram esse mesmo desempenho.

A figura 4.15 mostra a representação da reação química referente à combustão do carvão realizada pela aluna 29 na primeira atividade.

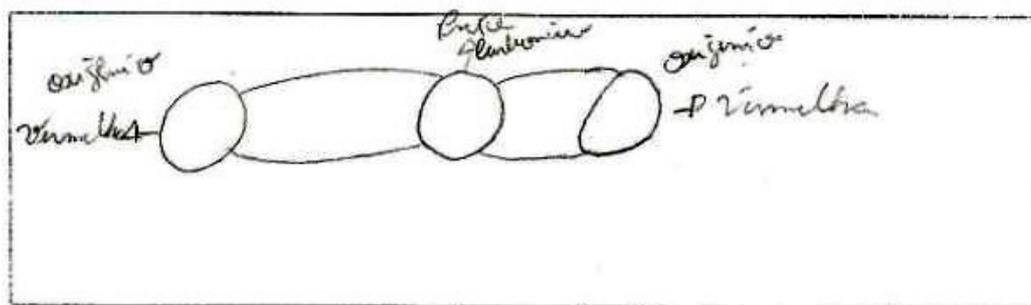


FIGURA 4.15 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 29.

Por meio da figura 4.15, constatou-se que a aluna 29 representou apenas o produto formado (a molécula do gás carbônico – CO_2). Mesmo diante da reação completa fornecida na folha de resposta, a aluna não representou o carbono e a molécula de oxigênio como reagentes desta reação.

No entanto, no decorrer das atividades, a aluna 29 melhorou seu desempenho, conforme visualizado na figura 4.16 referente à atividade 03.

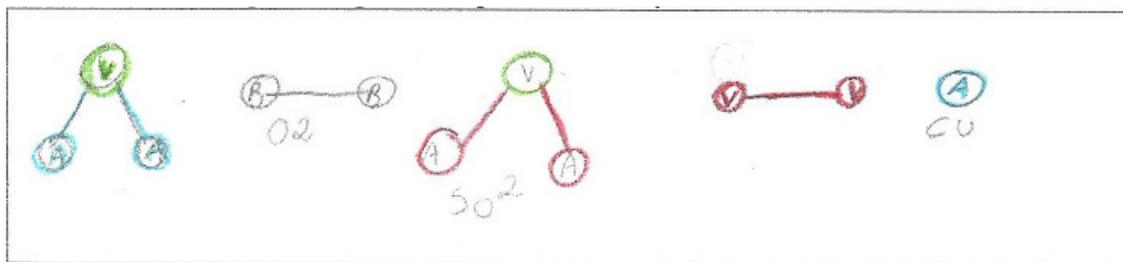


Figura 4.16 - Representação de uma etapa da produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pela aluna 29.

A figura 4.16 expressa uma das etapas da produção do cobre metálico ($\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$) feita pela aluna 29. Nessa representação, a aluna desenhou corretamente três espécies químicas: cobre metálico (Cu), sulfeto de cobre (Cu_2S) e o dióxido de enxofre (SO_2). Nesse caso, foi possível constatar a presença de um modelo mental mais elaborado, se comparado à primeira atividade. No entanto, foi possível perceber que a aluna 29 ainda desenhou as espécies químicas sem a preocupação de separar os reagentes e os produtos por meio de sinais.

Na última atividade, a aluna 29 representou corretamente a reação de combustão do metano, conforme visualizado na figura 4.17.

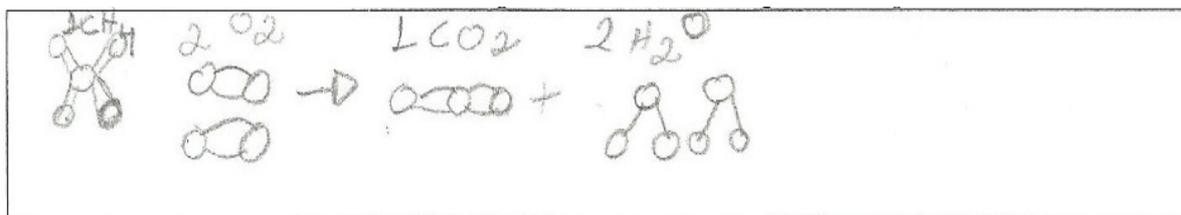


FIGURA 4.17 - Representação da reação de combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 29.

Na figura 4.17, a aluna 29 desenhou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na combustão do metano (metano, oxigênio, gás carbônico e a água). Ressalta-se que a aluna 29 levou em consideração os sinais e a estequiometria da reação, o que evidencia um modelo mental mais completo, se comparado à terceira atividade.

Por meio da sequência apresentada, pode-se constatar que a aluna 29 foi modificando seu modelo mental ao longo do ano letivo em relação ao

conceito substância. Dessa forma, pode-se inferir que houve uma evolução do modelo mental, o que corrobora a colocação de JOHNSON-LAIRD (1983), ao afirmar que os modelos mentais dos alunos sofrem modificações e combinações com o tempo, de acordo com as necessidades.

Os modelos moleculares, juntamente com as fórmulas moleculares fornecidas facilitaram as representações das substâncias químicas. Tal fato pode ser evidenciado por meio dos depoimentos dos alunos durante as entrevistas:

“... com as bolinhas que cada um representava algum tipo foi muito mais fácil de saber.” (Entrevista 02 - Aluno 12 – Escola A – Turma A1)

Ah, ajudou bastante a formação que a gente faz, a gente monta, é fazendo que a gente aprende. (Entrevista 06 – Aluno 35 – Escola A – Turma A1)

O depoimento do aluno 35 expôs um argumento importante que também foi compartilhado por colegas, e que se refere à ação, ao fazer. Para os alunos, esse tipo de atividade contribui muito para a aprendizagem. A aluna 25 apontou que “*No meu caso não sabia balanciamento (sic) e com esse projeto aprendi muito mais rápido e com facilidade e sem contar que é sempre bom ter aulas práticas.*” Já o aluno 32 apresentou no seu depoimento a importância do “ver” na construção do conhecimento: “*Porque a professora fala sobre alguma molécula e o professor pega o modelo e mostra a molécula.*” Tais depoimentos reforçam a afirmação de OBLINGER (1993) de que a retenção do conteúdo aumenta, quando o aluno tem a oportunidade de ouvir e visualizar.

É importante ressaltar que os modelos moleculares apresentam limitações (FERREIRA E TOMA 1982) e que os alunos ainda não estudaram vários conceitos relacionados àqueles selecionados nesta pesquisa, tais como geometria molecular, ressonância e ligações químicas. Dessa forma, os resultados foram analisados, levando-se em consideração o conhecimento

escolar advindo das aulas do professor e das atividades realizadas com os modelos moleculares, durante a fase de adaptação e no decorrer do ano letivo.

Uma parcela da turma, correspondente a 40,5% dos alunos apresentou um desempenho oscilante para o conceito “substância”. Nesse grupo, por exemplo, encontram-se aqueles que não conseguiram desenhar corretamente nenhuma espécie química em uma atividade, diferentes substâncias em outra atividade, e em um momento posterior desenharam poucas substâncias.

A figura 4.18 representa a reação de combustão do carvão realizada pela aluna 10, na primeira atividade.

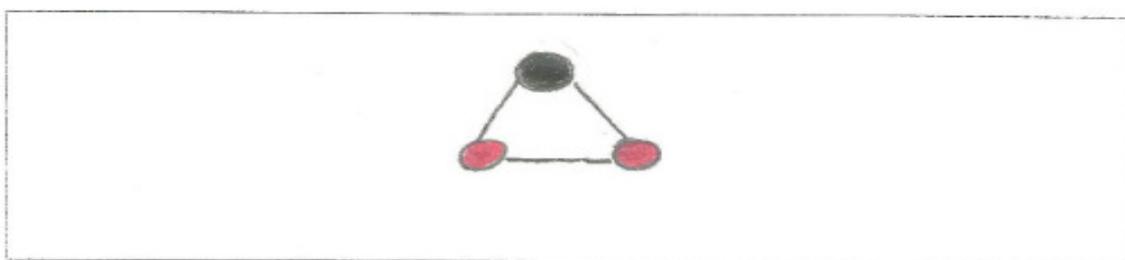


FIGURA 4.18 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pela aluna 10.

Mesmo dispondo da representação da reação química na forma simbólica, verificou-se pela figura 4.18 que a aluna 10 representou apenas uma substância envolvida na combustão do carvão e de maneira inadequada (molécula do gás carbônico – CO_2).

No entanto, na terceira atividade, a aluna 10 apresentou um desempenho melhor, se comparado à primeira, conforme visualizado a seguir.

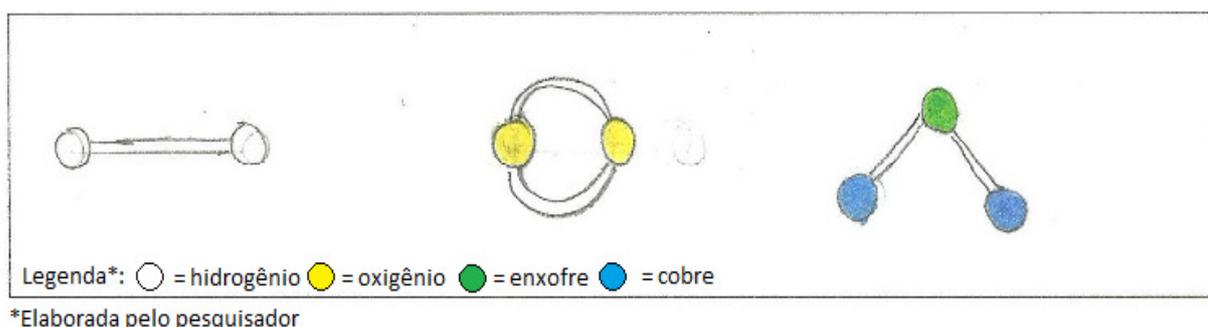


FIGURA 4.19 - Representação de uma etapa da produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pela aluna 10.

Por meio da figura 4.19, constatou-se que a aluna 10 representou corretamente duas substâncias químicas (oxigênio – O_2 e o sulfeto de cobre – Cu_2S) envolvidas em uma das etapas de produção do cobre metálico. Tal fato evidencia um modelo mental mais elaborado em relação à primeira atividade.

No entanto, a aluna 10 voltou a representar de maneira menos elaborada a reação de combustão do metano na última atividade, conforme expresso na figura 4.20.



FIGURA 4.20 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 10.

A partir da figura 4.20, constatou-se que a aluna 10 representou corretamente apenas a molécula do oxigênio (O_2), o que evidencia um desempenho inferior nesse conceito, se comparado à terceira atividade. A oscilação constatada nos alunos desse grupo reforça a afirmação de MORTIMER (1996) de que as ideias adquiridas pelos alunos no processo de aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que o indivíduo pode utilizar cada uma delas no contexto em que lhe parecer oportuno.

Um aluno apresentou um desempenho constante e “Excelente” ao longo do ano letivo para todas as atividades propostas. A figura 4.21 representa a combustão do carvão feita pelo aluno 30, na primeira atividade.

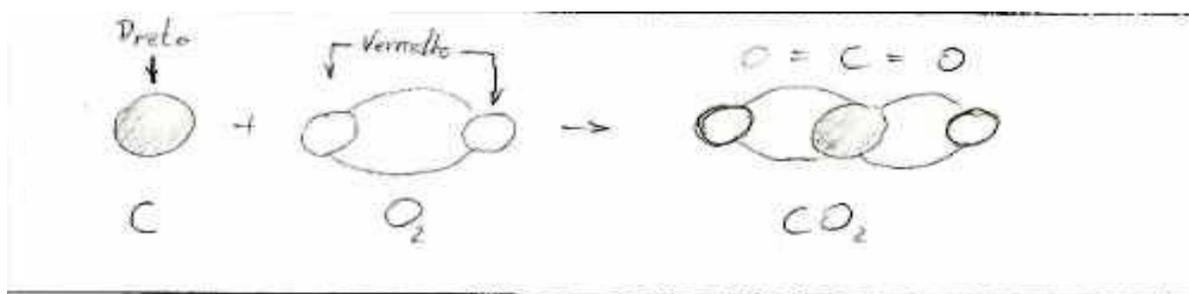


FIGURA 4.21 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pelo aluno 30.

Por meio da figura 4.21, foi possível constatar que o aluno 30 representou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na combustão do carvão e, além disso, levou em consideração os sinais presentes na reação.

Com o passar do tempo das atividades, o aluno 30 manteve o mesmo desempenho, conforme verificado na figura 4.22, referente à quarta atividade:

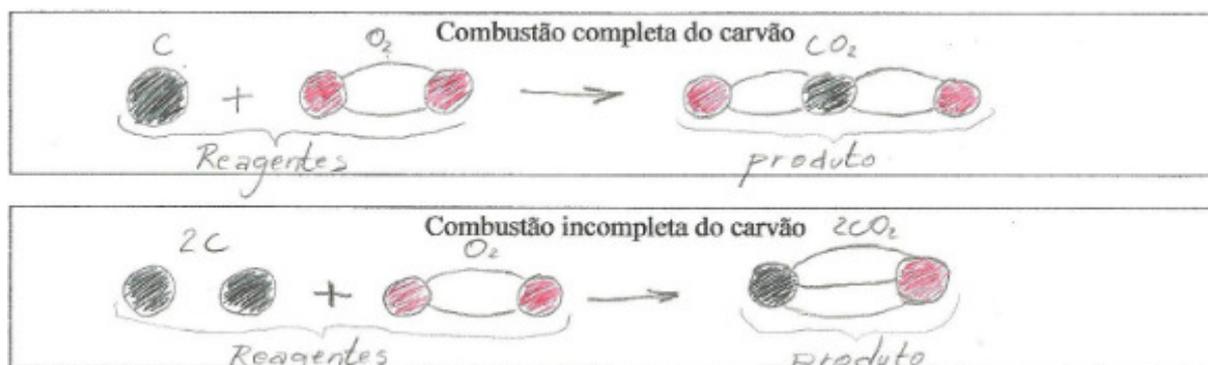


FIGURA 4.22 - Representação da combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, feita pelo aluno 30.

Na figura 4.22, o aluno representou corretamente todas as espécies químicas presentes na combustão completa e incompleta do carvão, inclusive levando em consideração os sinais utilizados na representação simbólica da reação (adição e seta).

Tal desempenho foi mantido na última atividade, conforme visualizado na figura 4.23.

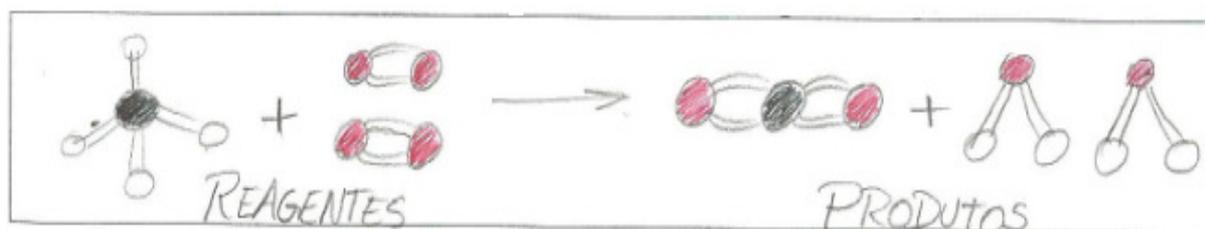


FIGURA 4.23 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, feita pelo aluno 30.

Assim como nas atividades anteriores, o aluno 30 manteve um desempenho “Excelente”, no qual representou corretamente todas as espécies

químicas envolvidas na combustão do metano, assim como os sinais e a estequiometria da reação.

Esse desempenho constante evidenciou que o aluno 30 apresentou um bom modelo mental sobre o conceito substância no início do ano e o manteve durante o período letivo, levando a inferir que, nesse caso, provavelmente houve aprendizagem, pois conforme aponta MOREIRA (1997), se um aluno consegue explicar um evento ou fenômeno é porque apresenta um modelo mental do sistema em sua estrutura cognitiva, e se o mesmo consegue fazer previsões a partir desse modelo, é porque houve uma aprendizagem que, provavelmente, pode ser significativa.

Não houve registro de desempenho “regressão” para o conceito substância na turma A1.

B) Reagente

O conceito “reagente” foi avaliado por meio de questões nas quais os alunos deveriam representar uma reação química por meio de desenho. Tratava-se da mesma questão utilizada para o conceito de substância, no entanto, para este tópico foram levados em consideração apenas os reagentes. Na reação de combustão do metano, por exemplo, os reagentes envolvidos foram o metano e o oxigênio. Dessa forma, se um aluno não conseguiu desenhar nenhuma substância química corretamente, o mesmo apresentou um desempenho “Ruim”; apresentou um desempenho “Bom” se representou uma espécie química; e teve um desempenho “Excelente” se desenhou as duas espécies químicas presentes nos reagentes.

A partir dos dados analisados, foi possível constatar que a maioria dos alunos da turma A1 (62,5%) apresentou uma evolução significativa em relação ao conceito reagente, ao longo do ano letivo. No início das atividades,

os mesmos apresentaram dúvidas e ideias equivocadas em relação às estruturas das substâncias químicas. Tal fato pode ser verificado pelo depoimento do aluno 12 durante a entrevista realizada na atividade 02.

“O produto é que nem a bolinha vermelha e a preta e os reagentes são os branco (sic).” (Entrevista 02 - Aluno 12 – Escola A – Turma A1)

Nesse caso, o aluno 12 atribuiu os termos reagentes e produtos às bolinhas dos modelos moleculares que representavam cada átomo em uma substância. No entanto, foi possível observar uma explicação mais elaborada com o passar das atividades, de acordo com o depoimento do aluno 06, referente à atividade 05.

“Os reagentes vem (sic) antes da flecha e os produtos é o que vem (sic) depois.” (Entrevista 05 - Aluno 06 – Escola A – Turma A1)

Nesse caso foi possível constatar uma evolução do modelo mental do aluno 06, em relação à explicação anterior, o que corrobora JOHNSON-LAIRD (1983), ao afirmar que os modelos mentais evoluem na medida em que se tornam mais completos e com maior poder de explicação.

Durante a representação da reação de combustão do carvão na primeira atividade, o aluno 12 desconsiderou a presença dos reagentes, embora tenha desenhado corretamente a molécula do produto formado (gás carbônico – CO_2), conforme visualizado na figura 4.24.

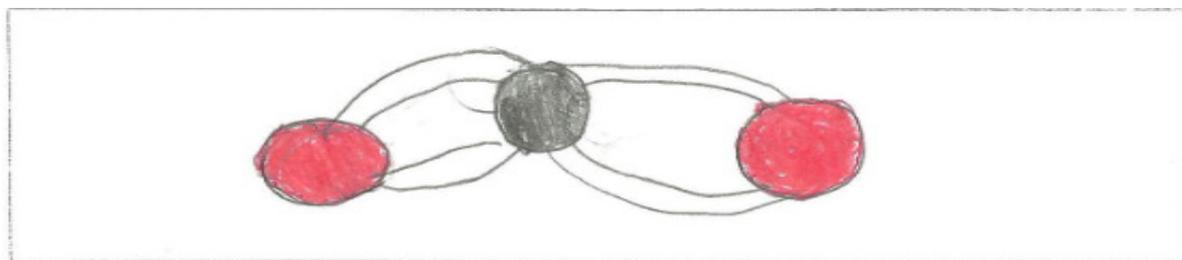


FIGURA 4.24 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 12.

No entanto, na quarta atividade, o aluno 12 representou os reagentes das reações de combustão completa e incompleta do carvão, conforme visualizado na figura 4.25.

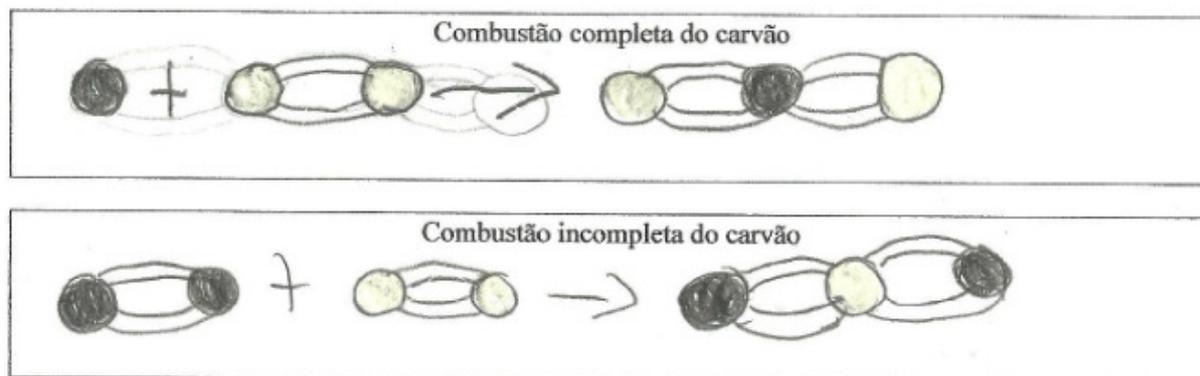


FIGURA 4.25 - Representação da reação de combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, realizada pelo aluno 12.

Por meio da figura 4.25, constatou-se que o aluno 12 representou corretamente os reagentes da combustão completa, e apenas a molécula de oxigênio na combustão incompleta do carvão. Nesse caso, ao invés de desenhar duas esferas isoladas para representar os dois carbonos, ele desenhou as duas esferas conectadas por meio de uma ligação dupla. Tal fato corrobora a afirmação de JOHNSON-LAIRD (1983) de que os modelos mentais não possuem uma estrutura rígida, pois sua estrutura é análoga dos estados de coisas percebidas e concebidas. Assim, o aluno 12 representou o carbono de forma análoga à molécula do gás oxigênio.

Ressalta-se que na última atividade, o aluno 12 representou corretamente todos os reagentes envolvidos na combustão do metano, de acordo com a figura 4.26.

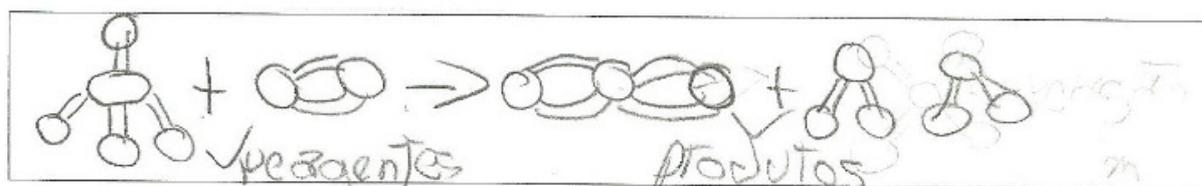


FIGURA 4.26 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pelo aluno 12.

Na figura 4.26 foi possível observar que o aluno 12 representou corretamente todas as espécies químicas, inclusive identificando as moléculas que pertenciam aos reagentes e aos produtos. Nesse caso, constatou-se que o aluno 12 foi incorporando novas informações e reformulando o seu modelo mental, a cada atividade, a fim de explicar o conceito. Tal resultado corrobora a afirmação de VOSNIADOU (2002), de que os modelos mentais podem sofrer evolução por meio do enriquecimento, que envolve a integração de novas informações à estrutura cognitiva dos alunos.

Uma parcela considerável dos alunos (35,1%) oscilou seu desempenho em relação ao conceito reagente, durante o ano letivo. Na primeira atividade, por exemplo, a aluna 10 apresentou um resultado “Ruim”, conforme evidenciado na figura 4.27.

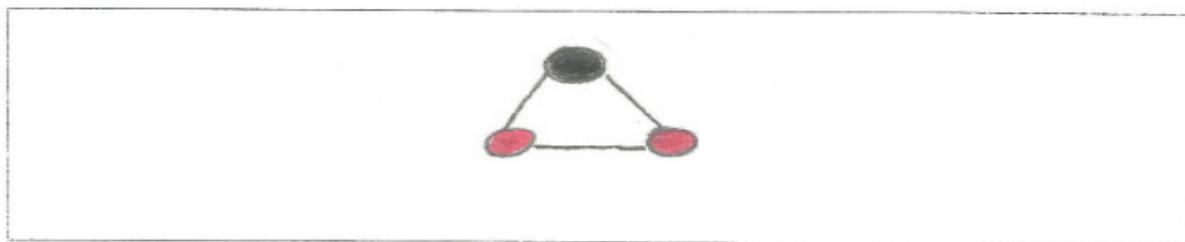


FIGURA 4.27 - Representação da reação de combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pela aluna 10.

Por meio da figura 4.27, constatou-se que a aluna 10 não representou nenhum reagente referente à combustão completa do carvão e ainda desenhou incorretamente o produto formado (molécula do gás carbônico – CO_2).

No entanto, na quinta atividade, a aluna 10 apresentou um resultado satisfatório para esse conceito, embora não tenha feito a distinção entre reagentes e produtos por meio de uma seta, conforme figura 4.28.

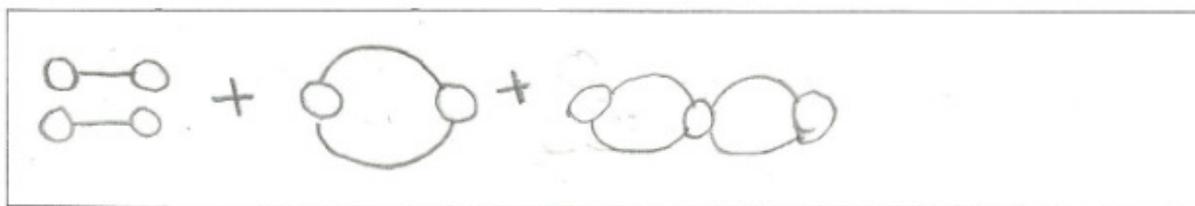


FIGURA 4.28: Representação da reação química envolvida no processo de eletrólise da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 10.

Na figura 4.28, a aluna 10 expressou corretamente os dois reagentes envolvidos na reação de formação da água (hidrogênio – H_2 e oxigênio – O_2). Nesse caso, foi possível constatar um modelo mental mais elaborado, em relação à primeira atividade.

Entretanto, na sexta atividade, a aluna 10 apresentou um resultado inferior, se comparado à quinta, conforme visualizado na figura 4.29:

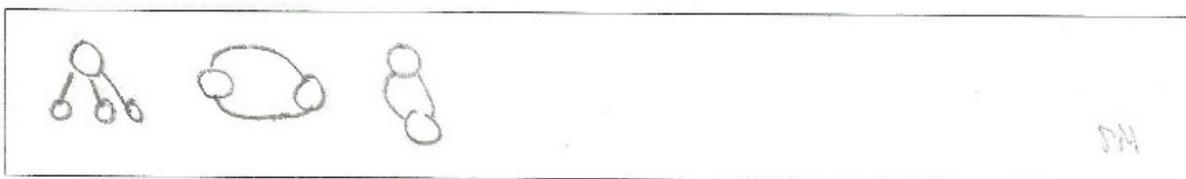


FIGURA 4.29 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, feita pela aluna 10.

Por meio da figura 4.29 constatou-se que a aluna 10 desenhou corretamente apenas a molécula do gás oxigênio envolvida na reação de combustão do metano. Além disso, a aluna manteve indistintamente os reagentes e produtos juntos e não se utilizou de nenhum sinal.

Por meio das representações realizadas pela aluna 10, foi possível constatar oscilação em seu desempenho ao longo das atividades, ou seja, começou com um desempenho “Ruim”, depois apresentou um desempenho “Excelente” e, na última atividade, voltou a apresentar um desempenho inferior. Tal constatação parece concordar com a afirmação de MORTIMER (1995) de que os alunos não substituem facilmente suas concepções por conceitos cientificamente aceitos, mas que os novos conhecimentos adquiridos passam a

conviver com as concepções antigas e os alunos podem utilizar cada um deles na situação que achar conveniente.

A maior dificuldade foi encontrada na primeira atividade, na qual os alunos deveriam representar os reagentes envolvidos na combustão do carvão, uma vez que apenas 8,7% representaram corretamente os reagentes. Tal resultado pode ser justificado pelo fato de se tratar da primeira atividade realizada pelos alunos, embora essa forma de representação tivesse sido trabalhada durante a fase de adaptação. No entanto, essas dificuldades foram diminuindo durante as atividades, por meio da utilização dos modelos moleculares, o que corrobora a colocação de FERREIRA e TOMA (1982) ao afirmar que este recurso contribui diretamente para a aprendizagem dos alunos.

Um aluno apresentou um resultado constante em relação ao conceito “reagente”. Nesse caso, o mesmo obteve um desempenho “Excelente” em todas as atividades propostas. Assim como discutido anteriormente, esse aluno apresentou indícios de aprendizagem, uma vez que apresentou modelos mentais elaborados em todas as atividades.

Não houve registro de regressão para esse conceito na turma A1.

C) Produto

O conceito de “produto” foi avaliado por meio das representações das reações químicas no nível submicroscópico. Essa forma de representação, conforme menciona SILVA et al. (2006) revela um processo de construção do conhecimento pelo aluno. Nesse caso, foram analisadas as mesmas questões utilizadas para os conceitos de “substância” e “reagente”, porém, levando-se em consideração apenas os produtos de cada reação química.

A partir dos dados analisados, constatou-se que apenas 8,1% dos alunos da turma A1 apresentaram uma evolução significativa em relação ao conceito de “produto”. Nesses casos, os alunos apresentaram modelos mentais

simples, no início do ano letivo, e modelos mentais mais elaborados no final do ano, o que corrobora a ideia de BORGES (1999) ao afirmar que os modelos mentais podem ser refinados com o passar do tempo.

A maioria dos alunos da turma A1 (81,1%) apresentou um desempenho oscilante entre o “Bom” e o “Excelente” para o conceito produto. Na primeira atividade, por exemplo, 92,0% tiveram um desempenho “Excelente” devido à representação correta do produto da reação, enquanto que na terceira atividade esse percentual foi de 79,0% e cerca de 90,0% na sexta atividade. A figura 4.30 ilustra o desenho realizado pela aluna 09 na primeira atividade.

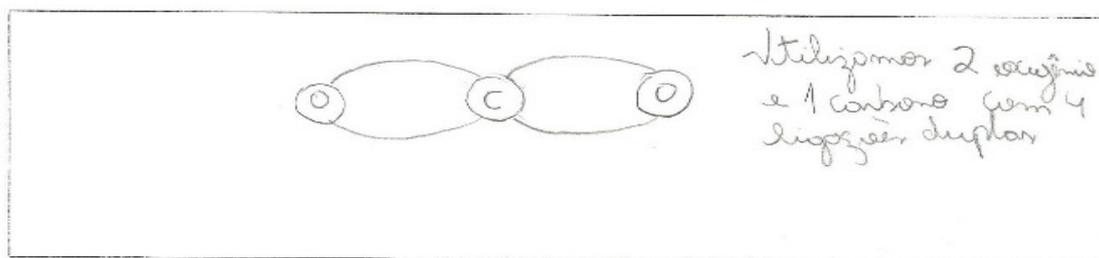


FIGURA 4.30 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 09.

Por meio da figura 4.30, constatou-se que a aluna 09 representou corretamente o produto formado na reação de combustão do carvão (molécula do gás carbônico – CO₂), identificando, inclusive, no desenho, o número de átomos e a quantidade de ligações químicas envolvidas.

Na segunda atividade, a aluna 09 não representou corretamente os produtos da reação de combustão do metano e manteve indistintamente os reagentes e produtos juntos, conforme visualizado na figura 4.31:

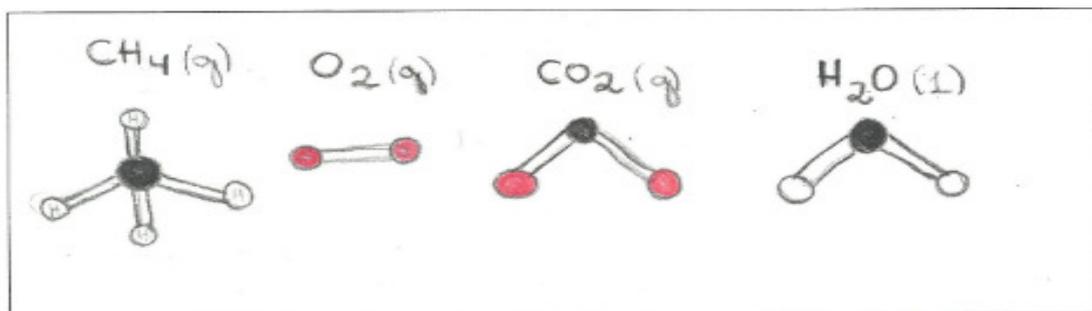


FIGURA 4.31 - Representação da reação de combustão do metano, referente à atividade 02, realizada pela aluna 09.

Neste caso, a aluna 09 utilizou ligações simples na molécula de gás carbônico, e para a molécula de água utilizou a esfera que representava o carbono (bolinha preta) ao invés do oxigênio (bolinha vermelha). Levando-se em consideração que a aluna 09 representou corretamente a molécula do dióxido de carbono na primeira atividade, é possível constatar que, na segunda atividade, seu desempenho foi inferior. Dessa forma, verificou-se a existência de diferentes modelos mentais para explicar o mesmo conceito, o que reforça a ideia de JOHNSON-LAIRD (1983) de que as pessoas podem apresentar mais de um modelo mental para explicar um evento.

No entanto, na quinta atividade, a aluna 09 voltou a apresentar um modelo mental mais elaborado em relação à segunda, conforme expresso na figura 4.32.

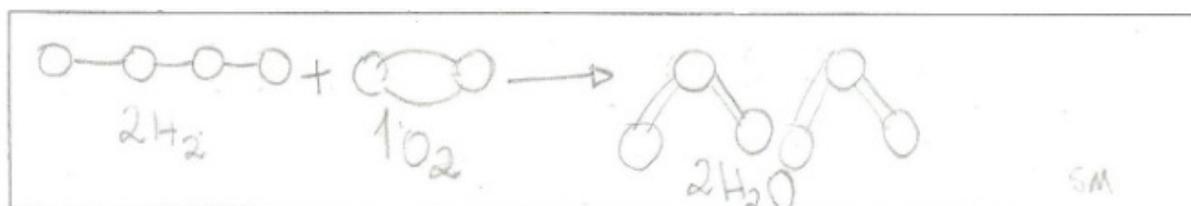


FIGURA 4.32 - Representação da reação química envolvida no processo de eletrólise da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 09.

Por meio da figura 4.32, constatou-se que a aluna 09 representou corretamente o produto formado (a molécula de água – H₂O), inclusive obedecendo à proporção estequiométrica entre os átomos, embora tenha representado 2H₂ como H₄. Dessa forma, a aluna 09 oscilou o seu desempenho

em relação ao conceito “produto” durante o ano letivo, assim como a maioria dos alunos da turma A1. Esses resultados corroboram a afirmação de MORTIMER (1995) de que mesmo já tendo passado pelo processo de aquisição do conhecimento, os alunos continuam utilizando suas concepções iniciais em determinados momentos.

Uma aluna apresentou “Regressão” em relação ao seu desempenho durante o ano letivo, no tocante ao conceito “produto”. Neste caso, ela obteve um desempenho “Excelente” na primeira atividade, “Bom” nas atividades 02, 03 e 04 e um desempenho “Ruim” nas duas últimas. A figura 4.33 ilustra a representação da aluna 11 na primeira atividade.

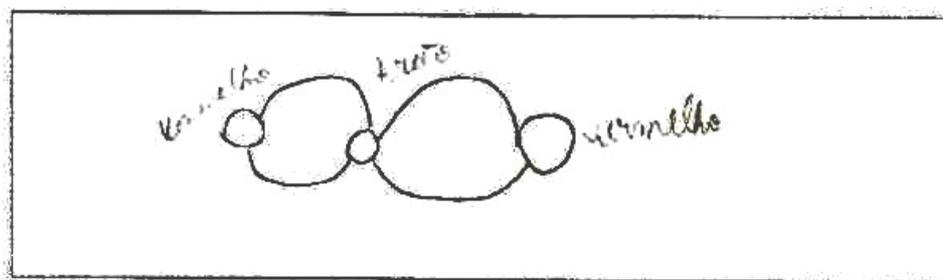


FIGURA 4.33 - Representação da combustão completa do carvão referente à atividade 01, feita pela aluna 11.

A aluna 11 representou corretamente o produto formado na combustão do carvão (a molécula do dióxido de carbono – CO₂), inclusive identificando no desenho as cores das bolinhas usadas durante a montagem dos modelos moleculares (o oxigênio representado pela bolinha vermelha e o carbono pela preta).

No entanto, na segunda atividade, apresentou um desempenho inferior, se comparado à primeira, conforme expresso na figura 4.34:

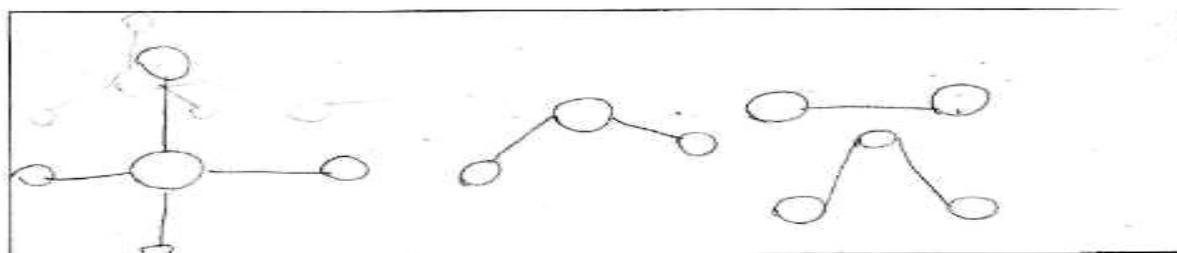


FIGURA 4.34 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 02, feita pela aluna 11.

Por meio da figura 4.34, constatou-se que a aluna 11 representou corretamente apenas a molécula de água. Ressalta-se que a aluna utilizou a mesma estrutura para representar também a molécula do gás carbônico. Levando-se em consideração que a aluna 11 desenhou corretamente a molécula de gás carbônico na primeira atividade, o modelo mental apresentado para esse conceito na atividade 02 mostrou-se inferior ao primeiro. Essa constatação vai ao encontro da afirmação de NORMAN (1983) de que os modelos mentais são instáveis e que os alunos podem esquecer detalhes importantes do sistema modelado. Nesse caso, a aluna 11 esqueceu que a molécula do gás carbônico continha ligações duplas em sua estrutura.

Na quinta atividade, a aluna 11 não conseguiu representar a molécula da água, conforme visualizado na figura 4.35.

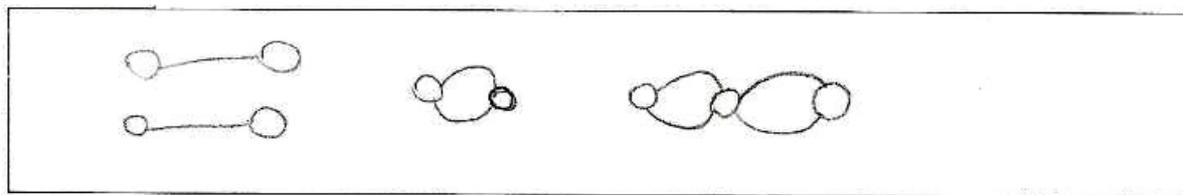


FIGURA 4.35 - Representação da reação química de formação da água, feita pela aluna 11.

Por meio da figura 4.35, constatou-se que a aluna 11 desenhou a molécula de gás carbônico ao invés de representar a molécula de água, uma vez que se tratava da reação de formação da água.

Nesse caso, foi possível perceber que a aluna 11 começou com um desempenho excelente na primeira atividade, bom na segunda e ruim na quinta atividade, o que evidencia uma regressão no desempenho. Nesse caso, a utilização dos modelos moleculares pode ter contribuído para gerar interpretações equivocadas a respeito do conceito, conforme salienta MIGLIATO (2005).

Três alunos da turma A1 apresentaram desempenho constante e “Excelente” ao longo das atividades. Assim como discutido em conceitos

anteriores, pode-se inferir que tal desempenho evidencia indícios de aprendizagem.

D) Rearranjo

O conceito de rearranjo foi avaliado por meio de questões que envolviam a representação de reações químicas no nível submicroscópico. Dessa forma, foi utilizada a mesma questão empregada para análise dos conceitos substância, reagente e produto.

Por meio da análise dos dados, foi possível constatar que a maioria dos alunos da turma A1 (59,5%) apresentou uma evolução significativa em relação ao conceito rearranjo durante o ano letivo. Na primeira atividade, por exemplo, 8,5% dos alunos tiveram um desempenho “Excelente”, enquanto que esse desempenho atingiu 79,3% na última atividade. As fotos a seguir foram tiradas durante as filmagens referentes às atividades 01, 03 e 05 e ilustram a evolução do modelo mental do aluno 35, em relação a esse conceito.

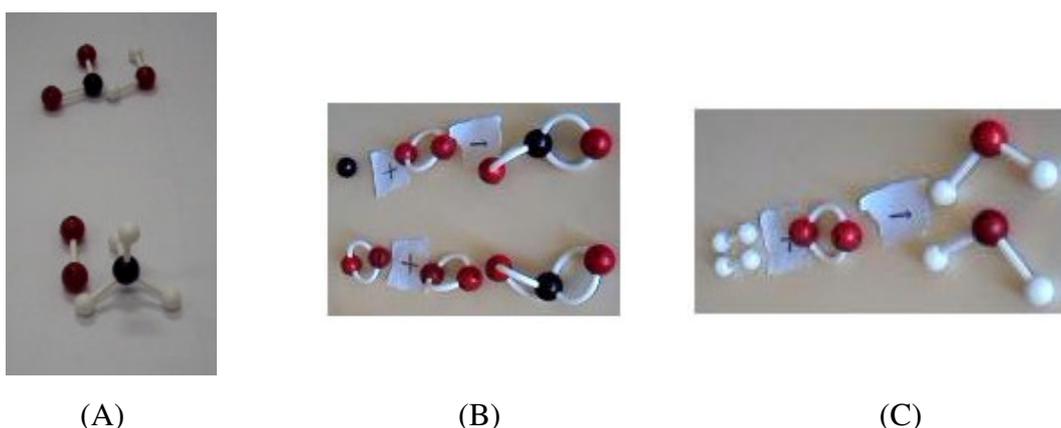


FIGURA 4.36 - Representação das reações químicas referentes às atividades 01, 03 e 05, feitas pelo aluno 35.

No primeiro caso (figura 4.36 - A), referente à combustão do metano, o aluno não utilizou os sinais envolvidos na representação simbólica da

reação (adição e seta) e montou incorretamente a molécula do gás oxigênio (duas esferas vermelhas conectadas entre si, por meio de uma ligação simples) e do gás carbônico (duas esferas vermelhas representando o oxigênio e uma esfera preta simbolizando o carbono, ligadas entre si, por meio de ligações simples).

Por se tratar das primeiras atividades, os alunos apresentaram dificuldades na manipulação dos modelos moleculares. Entretanto, no decorrer do ano letivo, foram se familiarizando com eles e utilizando-os como recurso didático para a aprendizagem. Nesses casos, parece que o material didático é de grande utilidade, conforme apontam LIMA e LIMA-NETO (1999).

Na figura 4.36-B, o aluno 35 adicionou novos elementos ao seu modelo mental, tais como a utilização dos sinais de adição e seta e representou corretamente a molécula do gás oxigênio e do gás carbônico. É importante ressaltar que a terceira atividade (figura 4.36-B) solicitava, ainda, a representação da combustão incompleta do carvão. Nesse caso, o aluno 35 representou de maneira inadequada a molécula do monóxido de carbono (montou a molécula do dióxido de carbono – CO_2) e do carbono (C_2 ao invés de 2C). Da figura 4.36-A para a 4.36-B foi possível verificar uma evolução do modelo mental do aluno 35, referente ao conceito rearranjo.

Na figura 4.36-C, o aluno 35 levou em consideração os sinais e representou corretamente todas as espécies químicas presentes na reação de formação da água, o que evidencia um modelo mental mais elaborado se comparado às atividades anteriores. Esses dados condizem com a ideia de NORMAN (1983), de que os alunos modificam constantemente o seu modelo, com a finalidade de obter um modelo mais viável para explicar um conceito.

Uma parcela considerável dos alunos (32,4%) apresentou uma oscilação em relação ao desempenho. A figura 4.37 ilustra um exemplo desse caso.

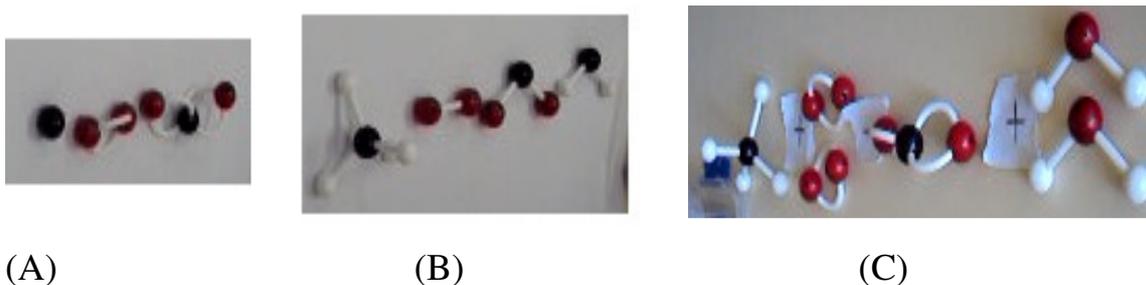


FIGURA 4.37 - Representação das reações químicas referentes às atividades 01, 02 e 06, realizadas pelo aluno 06.

Foi possível observar, pela figura 4.37-A, que o aluno 06 montou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na combustão do carvão, mesmo não considerando os sinais de adição e seta. A utilização de modelos mentais incompletos pelos alunos para explicar um conceito foi verificada durante as atividades, o que corrobora a afirmação de NORMAN (1983) de que os modelos mentais, em geral, são incompletos e instáveis.

No entanto, no segundo caso (figura 4.37-B), que se refere à combustão do metano, o aluno 06 apresentou um resultado inferior, se comparado à primeira atividade, pois, além de não considerar os sinais da reação, montou incorretamente os gases oxigênio (duas esferas vermelhas conectadas entre si através de uma ligação simples), o gás carbônico (duas esferas vermelhas e uma preta conectadas entre si por meio de ligações simples) e a molécula de água (duas esferas brancas simbolizando o hidrogênio e uma esfera preta simbolizando o carbono).

É importante ressaltar que na figura 4.37-C, o aluno 06 representou corretamente a reação de combustão do metano, levando em consideração os sinais e as espécies químicas envolvidas. Dessa forma, o aluno apresentou oscilação em relação ao seu desempenho durante as atividades propostas. Tais dados corroboram a afirmação de COUTINHO et al. (2005) de que um único conceito pode abranger diferentes formas de ver e representá-lo.

Quatro alunos apresentaram um resultado constante ao longo das atividades. Destes, um teve desempenho constante e excelente ao longo do ano letivo, o que evidencia indícios de aprendizagem. Em contrapartida, três alunos

tiveram desempenho ruim em todas as atividades. Neste caso, pode-se inferir que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais desses alunos, em relação ao conceito rearranjo.

Não houve caso de regressão para o conceito rearranjo na turma A1.

E) Lei de Proust

Uma parcela de 40,5% dos alunos apresentou uma evolução significativa dos modelos mentais em relação à Lei de Proust. Este conceito foi avaliado por meio de questões que exigiam dos alunos a compreensão sobre proporção, conforme figura 4.38.

05. A queima incompleta do metano pode ser representada pela seguinte reação:

$$\text{CH}_4 + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2\text{O}$$

Se dobrarmos a quantidade de cada um dos reagentes, podemos representar a reação como:

$$2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{X CO} + \text{Y H}_2\text{O}$$

Em relação a X e Y, é possível afirmar que:

A () X e Y não se alteram, pois os reagentes são sempre os mesmos.
B () Apenas X dobra, pois se refere a um gás, enquanto Y se refere a um líquido.
C () Apenas Y dobra, pois a quantidade de gás é sempre constante.
D () Os produtos formados da combustão também dobram, ou seja, X= 2 e Y= 4.
E () O valor da quantidade oxigênio é o dobro da quantidade de água.

FIGURA 4.38 - Questão proposta na atividade 02 para avaliar o conceito de Lei de Proust.

Na questão apresentada na figura 4.38, referente à segunda atividade, apenas 20,7% dos alunos da turma A1 assinalaram corretamente a alternativa “d”. A maioria (34,5%) respondeu que apenas a quantidade de água dobraria, uma vez que a quantidade de gás é sempre constante. Uma parcela de 31,0% dos alunos argumentou que a quantidade dos produtos não se altera, pois os reagentes são sempre os mesmos. As alternativas “b” e “e” foram ambas assinaladas por 6,9% dos alunos. Nesse caso, pode-se inferir que a maioria dos

alunos da turma A1 não apresentou um bom modelo mental sobre a Lei de Proust no início do ano letivo.

A Lei de Proust também foi avaliada por questões nas quais eram fornecidos alguns coeficientes estequiométricos e os alunos deveriam completar a reação com os números que faltavam. Nas demais alternativas, mudava-se a proporção de algumas substâncias e os espaços em branco deveriam ser completados com números correspondentes ao correto balanceamento. É importante ressaltar que os alunos dispunham do kit do modelo molecular Atomlig[®] para auxiliar na resolução das questões propostas.

Nas primeiras atividades, por exemplo, os alunos da turma A1 não conseguiram entender a importância dos modelos moleculares para a compreensão da “Lei de Proust”. No entanto, no decorrer das atividades, passaram a compreender e a utilizar esse recurso didático para a aprendizagem desse conceito. Dessa forma, parece que os modelos moleculares contribuíram satisfatoriamente para a aprendizagem dos alunos, o que corrobora a colocação de GIORDAN et al. (2004) ao argumentar que esse recurso pode auxiliar na construção de significados envolvendo fenômenos químicos, bem como na construção de modelos explicativos que representam tais fenômenos.

Com o passar das atividades, os alunos da turma A1 apresentaram melhores resultados em relação à Lei de Proust. Na segunda atividade, por exemplo, apenas 10,3% tiveram um desempenho “Excelente”, percentual esse que dobrou na terceira atividade e chegou a 69,0% na última. É importante ressaltar que esse aproveitamento foi melhorando, no decorrer do ano letivo, por meio da experiência e instrução, conforme aponta BORGES (1999). Para este autor, o conhecimento assimilado interage com os modelos existentes na estrutura cognitiva dos alunos para produzir novos modelos.

A maioria dos alunos da turma A1 (59,5%) apresentou um desempenho oscilante em relação à Lei de Proust. Exceto na primeira atividade, na qual nenhum aluno teve um desempenho “Excelente”, nas demais, estes

oscilaram entre o “Bom” e “Excelente”. Nesse caso, pode-se verificar que as dificuldades estavam relacionadas às operações matemáticas envolvidas e que, de maneira geral, os alunos dessa categoria apresentaram modelos mentais satisfatórios, uma vez que a oscilação no desempenho estava entre o bom e excelente.

Não houve registro de alunos da turma A1 que apresentaram regressão e desempenho constante ao longo do ano letivo, em relação a este conceito.

F) Lei de Lavoisier

A maioria dos alunos da turma A1 (62,2%) apresentou uma evolução significativa dos modelos mentais em relação à Lei de Lavoisier ao longo do ano letivo.

As primeiras atividades foram divididas em duas partes. Na atividade 01, os alunos deveriam montar com o auxílio dos modelos moleculares os reagentes envolvidos na reação de combustão do carvão (carbono – C e oxigênio – O₂) e pesá-los com a balança de plástico. Na sequência, a balança foi recolhida e a atividade exigia informações a respeito da massa do produto formado (a molécula gás carbônico – CO₂).

Foi possível observar que a maioria dos alunos (82,9%) não conseguiu determinar a massa dos produtos sem o auxílio da balança. Tal constatação pode ser acompanhada por meio das transcrições das entrevistas dos alunos 06 e 12 referente à primeira atividade:

“É que sem a balança não dá pra determinar a massa do produto.”
(Entrevista 01 - Aluno 06 – Escola A – Turma A1)

“... eu entendi que precisa de balança para identificar o peso e a massa de cada fórmula.” (Entrevista 01 - Aluno 12 – Escola A – Turma A1)

Nesse caso, a maioria dos alunos da turma A1 não apresentou um bom modelo mental sobre a Lei de Lavoisier, no início do ano letivo. Para eles, a massa de qualquer substância só pode ser determinada com o auxílio de uma balança. Tal fato também foi verificado na questão 07 do questionário inicial, em que 14,3% mencionaram que não dava para tirar conclusões a respeito da massa.

Apenas 11,4% dos alunos acertaram essa questão na primeira atividade. Na primeira parte, o aluno 30 montou os reagentes envolvidos na combustão do carvão e pesou corretamente essas substâncias com o auxílio da balança de plástico. A resolução da questão pelo aluno 30 está representada na figura 4.39:

Atividade 01

As transformações químicas, também denominadas de reações químicas, fazem parte da nossa vida. Nessas reações, elementos químicos combinam-se entre si formando compostos diferentes em relação aos materiais de partida. Como exemplo, podemos citar a queima do carvão, representada pela seguinte reação:

$$\text{C} + \text{O}=\text{O} \rightarrow \text{O}=\text{C}=\text{O}$$

Utilizando os modelos moleculares, monte a estrutura de cada um dos reagentes e com o auxílio da balança, determine a massa total dos reagentes. Considere a massa do copo plástico como sendo igual 0,8 g e a densidade da água igual a 1g/cm^3 .

Massa de Carbono (C) = 5,5 g

Massa de Oxigênio (O₂) = 14,5 g

Massa dos reagentes = 20 g

FIGURA 4.39 - Primeira parte da questão envolvendo a Lei de Lavoisier, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.

Por meio da resolução do aluno 30, constatou-se que ele apresentou um resultado próximo do esperado, com a massa do carbono de 5,5g, do oxigênio 14,5g e a massa dos reagentes 20,0g. Levando-se em consideração o fato de ser a primeira atividade e o primeiro contato no qual os alunos deveriam manipular sozinhos a balança de plástico, o aluno 30 apresentou um desempenho “Excelente”.

Na segunda parte da questão, as balanças foram retiradas e a questão solicitava a massa do produto formado (dióxido de carbono – CO_2), conforme visualizado na figura 4.40:

Questionário
01. Por meio da utilização da balança, foi possível determinar a massa dos reagentes envolvidos na combustão do carvão. Em relação ao produto formado, é correto afirmar que:
a) não dá para determinar a massa do produto sem a utilização da balança.
b) forma-se o gás carbônico e sua massa é de aproximadamente 10 g.
c) o gás carbônico formado apresenta massa de aproximadamente 15 g.
d) forma-se aproximadamente 32 g de gás carbônico e carbono.
<input checked="" type="checkbox"/> e) forma-se o gás carbônico e sua massa é de aproximadamente 22 g.

FIGURA 4.40 - Segunda parte da questão envolvendo a Lei de Lavoisier, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.

Constatou-se que o aluno 30 assinalou corretamente a alternativa “e”, sendo que o raciocínio utilizado foi somar a massa dos reagentes para se chegar à massa dos produtos, indicando ter compreendido o significado da Lei de Lavoisier. Tal fato evidencia um bom modelo mental sobre esse conceito.

Com o passar das atividades os alunos da turma A1 foram apresentando modelos mentais mais elaborados e conseguiram resolver as questões propostas. Esses resultados corroboram o pressuposto defendido por BORGES (1998), de que as pessoas constroem constantemente modelos mentais e à medida que seus conhecimentos se expandem, esses os assimilam e integram os novos conhecimentos à sua estrutura cognitiva, proporcionando modelos mentais mais elaborados.

Diferentemente da primeira atividade, na qual apenas 11,4% dos alunos acertaram a questão proposta, na terceira atividade, esse índice chegou a 75,9% e atingiu 79,3% na última atividade. Ao serem questionados, os alunos apresentaram explicações mais elaboradas, inclusive citando a Lei de Lavoisier, conforme trechos extraídos das entrevistas referentes às atividades 03 e 06.

“... nada se perde. Conforme se junta o valor vai se agrupar e dar um devido valor e nunca vai se perder.” (Entrevista 03 - Aluno 12 – Escola A – Turma A1).

“Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.” (Entrevista 06 – Aluno 35 – Escola A – Turma A1).

Nesse caso, foi possível constatar que os alunos da turma A1 foram acrescentando novas informações aos seus modelos mentais, tornando-os mais completos e abrangentes, o que corrobora a conclusão de BORGES (1999), ao afirmar que, com o tempo, os alunos adquirem um vocabulário mais elaborado e utilizam novas entidades para descrever e explicar conceitos.

Uma parcela de 32,4% dos alunos da turma A1 apresentou um desempenho oscilante em relação à Lei de Lavoisier. Nesse grupo, foram classificados os alunos que tiveram, por exemplo, um desempenho “Excelente” nas primeiras atividades, “Ruim” em outras e “Excelente” nas últimas. Foi constatado, nesse grupo, que a maioria dos alunos ora somava a massa dos reagentes para obter a massa dos produtos e ora argumentava que não dava pra determinar a massa dos produtos sem a presença da balança. Tal fato parece sugerir dificuldades desses alunos com o desenvolvimento do raciocínio lógico matemático, assim como foi verificado em relação ao conceito Lei de Proust.

Dois alunos mantiveram o desempenho constante ao longo do ano letivo. Destes, um obteve um desempenho “Ruim”, o que indica que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução do modelo mental desse aluno e o outro teve um desempenho “Excelente” em todas as atividades, o que indica indícios de aprendizagem.

G) Balanceamento

A maioria dos alunos da turma A1 (67,6%) apresentou uma evolução significativa em relação ao conceito “balanceamento”, durante o ano

letivo. Este t3pico foi analisado por meio de quest3es nas quais os alunos deveriam balancear as reaq3es qu3micas e tamb3m por meio de representa3es de reaq3es no n3vel submicrosc3pico.

Na primeira atividade, por exemplo, nenhum aluno conseguiu balancear as reaq3es qu3micas que representava a combust3o do carv3o. A figura 4.41 mostra o exerc3cio realizado pelo aluno 06.

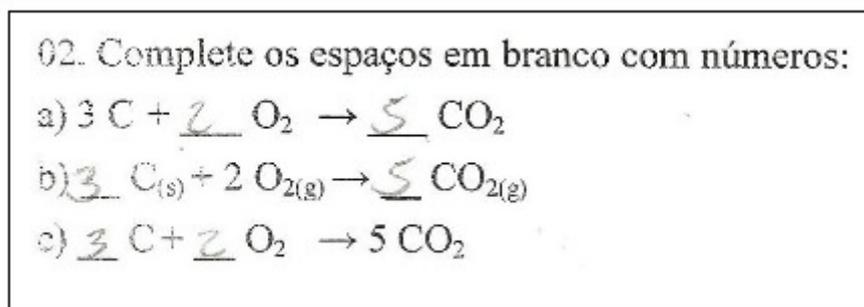


FIGURA 4.41 – Quest3o envolvendo o conceito balanceamento qu3mico, referente 3 atividade 01, realizada pelo aluno 06.

O racioc3nio utilizado pelo aluno 06 na primeira atividade foi manter o n3mero que aparecia em uma das alternativas nas demais, ou seja, se a alternativa “a” continha tr3s carbonos, o mesmo copiava o n3mero tr3s nas outras, assim como copiava o n3mero dois que estava presente na alternativa “b” nas demais e, na seq3ncia, somava os coeficientes estequiom3tricos dos reagentes para chegar ao valor do produto. Tal racioc3nio foi acompanhado durante a entrevista do aluno 06, referente 3 atividade 01.

“...eu fui somando cada n3mero para dar certo o resultado, tipo assim, tr3s mais dois que 3 igual a cinco, que nem tr3s de carbono e dois de oxig3nio que 3 igual a cinco CO₂ (sic).” (Entrevista 01 – Aluno 06 – Escola A – Turma A1)

Nesse caso, o aluno 06 evidencia n3o compreender o racioc3nio em termos de fen3meno qu3mico, pois, ao realizar o somat3rio dos coeficientes estequiom3tricos dos reagentes n3o percebeu que n3o existe a possibilidade de soma quando as esp3cies qu3micas s3o diferentes. Outro fato que cabe destacar 3 que somente pelo uso do racioc3nio l3gico-matem3tico aliado 3 compreens3o

do significado de reação química é possível perceber que a soma de coeficientes estequiométricos dos reagentes não corresponderá necessariamente à soma dos respectivos coeficientes dos produtos, ou seja, não há correspondência entre uma simples equação matemática e uma equação química.

Além desse exercício, o conceito de balanceamento foi avaliado por meio de representações de reações químicas no nível submicroscópico. Na primeira atividade, por exemplo, o aluno 06 representou a combustão do carvão conforme a figura 4.42:

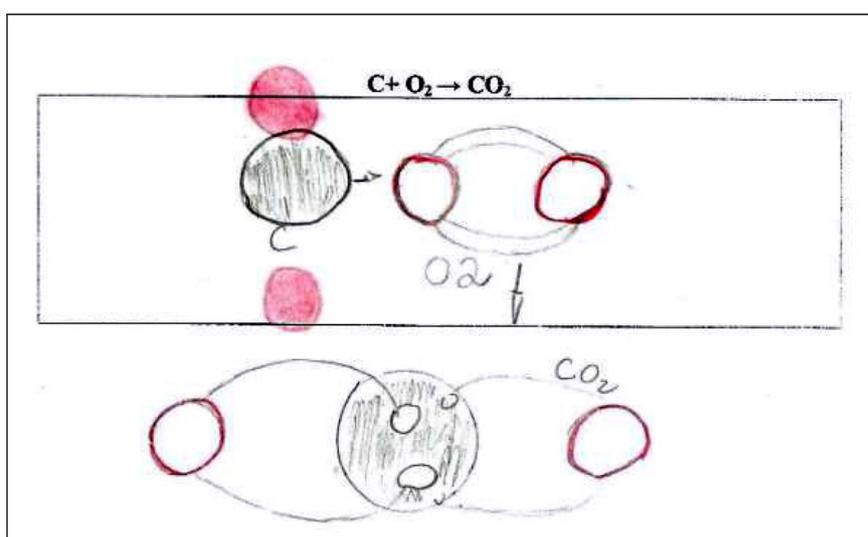


FIGURA 4.42 - Representação da reação de combustão do carvão, referente à atividade 01, feita pelo aluno 06.

Pela figura 4.42, constatou-se que o aluno 06 respeitou a relação estequiométrica entre os reagentes e os produtos da reação de combustão do carvão no desenho; não conseguindo, no entanto, balancear as reações químicas propostas. Dessa forma, o aluno 06 apresentou um desempenho intermediário em relação ao conceito de balanceamento na primeira atividade.

Durante o desenvolvimento das atividades, o aluno 06 apresentou resultados satisfatórios, tanto no balanceamento químico quanto na representação das reações químicas no nível submicroscópico. A figura 4.43 mostra o exercício realizado pelo mesmo na quarta atividade.

03. Complete os espaços em branco com números:

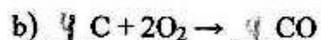
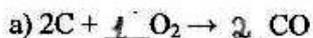


FIGURA 4.43: Exercício envolvendo o conceito de balanceamento, referente à atividade 04, feito pelo aluno 06.

Por meio da figura 4.43, constatou-se que o aluno 06 balanceou corretamente as três reações químicas, referentes à combustão incompleta do carvão. Além disso, desenhou corretamente a reação de combustão do metano, na sexta atividade, conforme visualizado na figura 4.44:

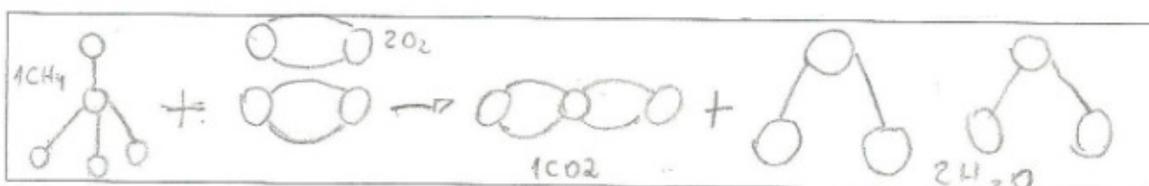


FIGURA 4.44 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06 feita pelo aluno 06.

Por meio da figura 4.44, constatou-se que o aluno 06 obedeceu à proporção estequiométrica entre os reagentes e os produtos da reação de combustão do metano. Aliado a isso, também balanceou corretamente as reações químicas presentes nas atividades. Nesse caso, parece que os modelos moleculares contribuíram satisfatoriamente para a construção de modelos mentais mais elaborados, o que reforça a afirmação de GIORDAN (2004) de que esse recurso pode auxiliar na construção de significados. Nas duas últimas atividades, por exemplo, a maioria dos alunos (71,0% na quinta e 58,6% na sexta atividade) atingiu um desempenho “Excelente”, em relação a esse conceito. Além disso, esses alunos apresentaram argumentações mais elaboradas, conforme trecho extraído da entrevista do aluno 06, referente à sexta atividade:

“É balanceamento, e tem que igualar o número de átomos dos dois lados.” (Entrevista 06 – Aluno 06 – Escola A – Turma A1).

O aluno 06 expressou corretamente o conceito de balanceamento químico durante a entrevista. Ressalta-se que nas primeiras atividades, esse aluno adotava o raciocínio de copiar os números existentes nas alternativas e somar os valores dos reagentes para descobrir o valor dos produtos.

Dessa forma, constatou-se que os alunos dessa categoria foram melhorando ou criando novos modelos mentais, ao longo do ano letivo, para explicar o conceito, o que corrobora a colocação de GRECA e MOREIRA (2002) ao afirmarem que a aprendizagem se dá por meio de sucessivas reformulações dos modelos mentais, ou mesmo pela construção de novos modelos.

Uma parcela de 29,7% dos alunos da turma A1 apresentou um desempenho oscilante em relação ao conceito balanceamento. Nesse grupo foram classificados os alunos que tiveram, por exemplo, um desempenho “Ruim” nas atividades 01 e 03, um desempenho “Bom” nas atividades 02, 04 e 06 e “Excelente” na atividade 05. Dessa maneira, pode-se inferir que o conceito balanceamento não foi consolidado completamente pelos alunos dessa categoria. Dessa forma, assim como nos conceitos discutidos anteriormente que apresentaram oscilação, o esquecimento pode ser quase completo após certo tempo, conforme aponta BUSQUETS (1997). Para este autor, o conhecimento não consolidado é esquecido mais facilmente.

Um aluno apresentou um desempenho constante. Ressalta-se, no entanto, que este teve um desempenho “Ruim” em todas as atividades propostas. Nesse caso, parece que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução do modelo mental desse aluno sobre o conceito de balanceamento químico.

É interessante notar que no início das atividades, os alunos não conseguiam associar os modelos moleculares com o conceito de “balanceamento”. No entanto, no decorrer do ano letivo, foram percebendo e utilizando esse material didático para balancear e também para conferir se as

reações químicas estavam balanceadas, conforme visto no depoimento da aluna 12 da turma B1.

Porque com os modelos fica mais fácil ver se a reação está balanceada (Aluna 12 - Escola B, Turma B1).

Nesse sentido, a aluna 12 utilizou as cores das bolinhas para comparar o número de átomos dos reagentes e dos produtos e, assim, balancear as reações químicas propostas. Nesse caso, parece que os modelos moleculares auxiliaram na compreensão do conceito de “balanceamento”, o que corrobora a afirmação de MIGLIATO (2005) de que este material contribui para a aprendizagem de conceitos químicos, entre eles o de balanceamento.

H) Estequiometria

O conceito “estequiometria” foi avaliado por meio de questões, nas quais foram fornecidos os valores de massa de algumas espécies químicas e os alunos deveriam completar os espaços em branco com os valores de massa correspondentes às demais substâncias químicas, de acordo com a estequiometria da reação.

A maioria dos alunos da turma A1 (83,8%) apresentou uma evolução significativa durante o ano letivo, em relação ao conceito estequiometria. Na primeira atividade, nenhum aluno conseguiu responder essa questão, embora tivesse sido trabalhada na fase de adaptação. Ao serem questionados, apontaram não ter compreendido a questão:

Eu meio que chutei, em umas questões eu até pensei e coloquei, mas essa eu chutei pra valer mesmo (risos) (Aluno 12 – Escola A – Turma A1).

Outro raciocínio muito utilizado pelos alunos foi completar os espaços em branco com os números já existentes, conforme figura 4.45.

03. Considere a massa de uma bolinha que representa o carbono (C) ou oxigênio (O) igual a 6 g. Preencha com números os espaços em branco:

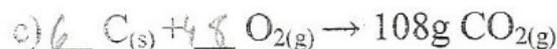
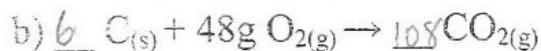
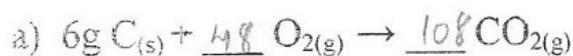


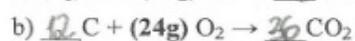
FIGURA 4.45 – Exercício envolvendo o conceito de estequiometria, referente à atividade 01, resolvido pelo aluno 35.

Por meio da figura 4.45, constatou-se que o aluno 35 utilizou um raciocínio semelhante ao empregado pelo aluno 06 para o conceito de “balanceamento”. Dessa forma, na atividade 01, por exemplo, a alternativa “a” expressava seis gramas em relação à massa do carbono e, diante disso, o aluno 35 completou com o valor seis nas demais alternativas. Tal raciocínio foi verificado por meio da entrevista do aluno 35:

Eu completei com os números que já existia (sic) nas alternativas.
(Aluno 35 – Escola A – Turma A1)

Apesar desses episódios de pouca clareza em relação ao que deveria ser feito nas atividades, os alunos foram apresentando modelos mentais mais elaborados ao longo das atividades. Na última, por exemplo, foi possível constatar que 86,2% dos alunos apresentaram um desempenho “Excelente”, conforme figura 4.46:

04. Considere a massa de uma bolinha que representa cada átomo (carbono, oxigênio, enxofre e cobre) igual a 6g. Preencha com números os espaços em branco:



$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 6 \\ \hline 108 \end{array}$$

FIGURA 4.46 - Exercício envolvendo o conceito de estequiometria, referente à atividade 06, feito pelo aluno 35.

Por meio da atividade da figura 4.46, constatou-se que a aluna 35 preencheu corretamente os espaços em branco, de acordo com a estequiometria da reação. Durante a entrevista, a aluna 35 explicou o seguinte raciocínio:

Entrevistador: Qual foi o raciocínio que você utilizou?

Aluno: A massa das bolinhas.

Entrevistador: O que você fez da “a” para a “b” e para a “c”?

Aluno: ...Eu dobrei da “a” para a “b” e da “a” para a “c” eu fiz seis vezes. (Entrevista 06 - Aluno 35 – Escola A – Turma A1)

Por meio do depoimento, foi possível constatar a preocupação da aluna 35 em manter a estequiometria da reação. Tal declaração evidencia uma melhor compreensão a respeito das relações entre as massas envolvidas nas reações químicas, ou seja, a aluna foi adquirindo novas informações e com elas foi modificando seus modelos mentais, tornando-os mais abrangentes e úteis na explicação de novos conceitos, conforme defende JOHNSON-LAIRD (1983).

Uma parcela de 10,8% dos alunos da turma A1 apresentou um desempenho oscilante em relação ao conceito “estequiometria”, ou seja, em algumas atividades apresentavam um desempenho “Bom”, em outras “Excelente”, depois “Bom” novamente e assim por diante. Nesse caso, os alunos apresentaram diferentes explicações para o mesmo conceito ao longo das atividades, o que reforça a afirmação de COUTINHO et al. (2005) de que um indivíduo pode assumir mais de uma forma de compreensão de um determinado conceito.

Dois alunos apresentaram um desempenho constante e “Ruim” em relação ao conceito “estequiometria”, durante o ano letivo. Não houve caso de regressão para os alunos da turma A1 em relação a esse conceito.

Foi possível constatar que os alunos apresentaram dificuldades em relação ao conceito de “estequiometria”, o que condiz com as pesquisas de diversos autores, tais como AMARAL (1997); MIGLIATO (2005); TRISTÃO, DEFREITAS-SILVA e JUSTI (2008) que apontam esse tema como difícil de ser

ensinado e aprendido, principalmente pelo fato de envolver o raciocínio matemático.

I) Representação submicroscópica

O item “representação submicroscópica” foi avaliado por meio de questões, nas quais os alunos deveriam representar uma ou mais reações químicas no nível submicroscópico. Para JOHNSTONE (1993), essa forma de representação aliada ao nível macroscópico e simbólico contribui para a aprendizagem em Química.

A maioria dos alunos da turma A1 (59,5%) apresentou uma evolução significativa dos modelos mentais ao longo das atividades em relação à representação de uma reação química no nível submicroscópico. As figuras 4.47, 4.48 e 4.49 representam um exemplo dessa categoria.



FIGURA 4.47 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pela aluna 36.

Na figura 4.47, a aluna 36 representou corretamente apenas o produto formado na combustão do carvão (molécula do gás carbônico – CO_2). Ressalta-se que, mesmo dispondo da representação simbólica, essa aluna não apresentou um bom modelo mental no início do ano, referente a este tópico.

Com o desenvolvimento das atividades, a aluna 36 foi apresentando modelos mentais mais completos, conforme verificado na figura 4.48, referente à quinta atividade.

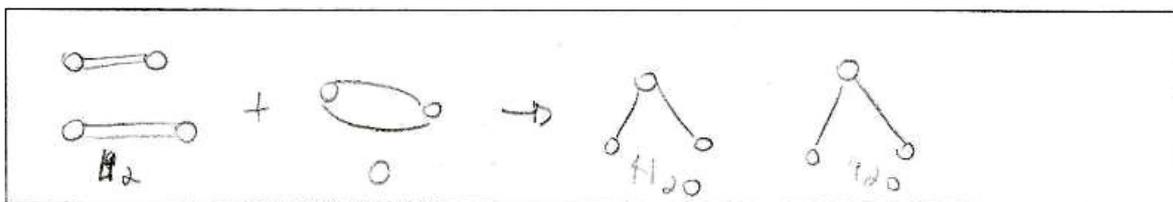


FIGURA 4.48 - Representação da reação de formação da água, referente à atividade 05, realizada pela aluna 36.

Na figura 4.48, a aluna 36 representou corretamente duas espécies químicas envolvidas na reação de formação da água (oxigênio e a água) e acrescentou os sinais da reação que não estavam presentes nas primeiras atividades. Tal fato evidencia uma evolução na representação das moléculas no nível submicroscópico, em relação à primeira atividade.

É importante mencionar que, na última atividade, a aluna 36 representou corretamente a reação de combustão do metano, de acordo com a figura 4.49.

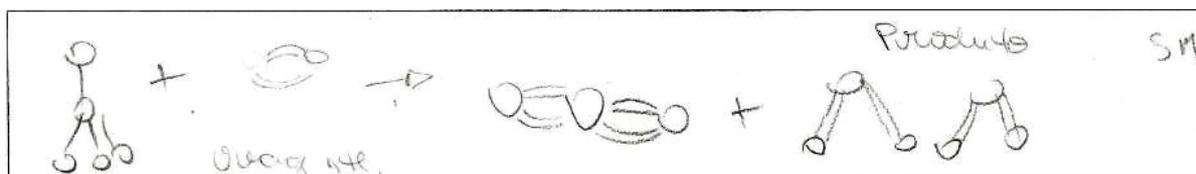


FIGURA 4.49 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pela aluna 36.

Nesse caso, a aluna 36 conseguiu representar todas as espécies químicas envolvidas na reação de combustão do metano, respeitando, inclusive, a estequiometria e o arranjo espacial dos átomos em cada composto. Embora os alunos não tenham estudado geometria molecular, os modelos moleculares contribuíram satisfatoriamente para a correta representação espacial das moléculas envolvidas, uma vez que a aluna 36 não utilizou esse recurso na última atividade. Tal constatação reforça a afirmação de LIMA e LIMA-NETO (1999) de que os modelos moleculares contribuem para desenvolver nos alunos a visão de arranjo espacial entre os átomos.

De maneira geral, foi possível constatar uma evolução dos modelos mentais da maioria dos alunos da turma A1 em relação à representação de uma reação no nível submicroscópico, o que corrobora a afirmação de NORMAN (1983) de que os modelos mentais passam por um processo de evolução, no qual os alunos tendem a apresentar um modelo mental mais elaborado com o passar do tempo.

Uma parcela de 16,2% dos alunos da turma A1 oscilou em relação ao desempenho nesse tópico ao longo do ano letivo. A figura 4.50 ilustra a representação da combustão do carvão feita por um aluno dessa categoria.

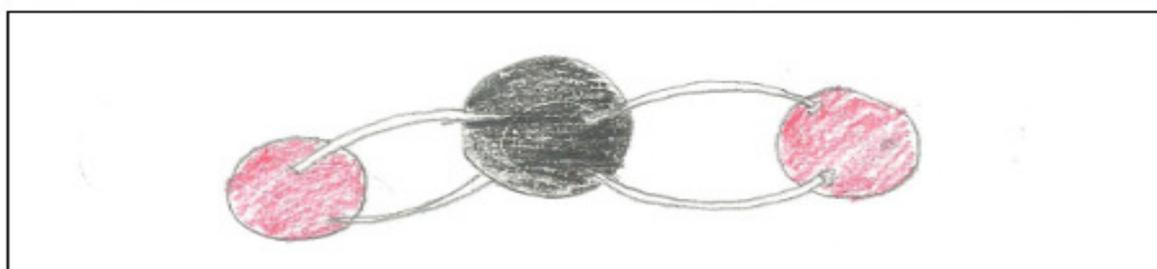


FIGURA 4.50 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 21.

Na primeira atividade, referente à combustão do carvão, o aluno 21 representou apenas a molécula do gás carbônico, apresentando assim um desempenho “Bom”. No entanto, na terceira atividade o mesmo aluno desenhou corretamente as espécies químicas envolvidas em uma das etapas da produção do cobre metálico, obtendo dessa forma um desempenho “Excelente”.

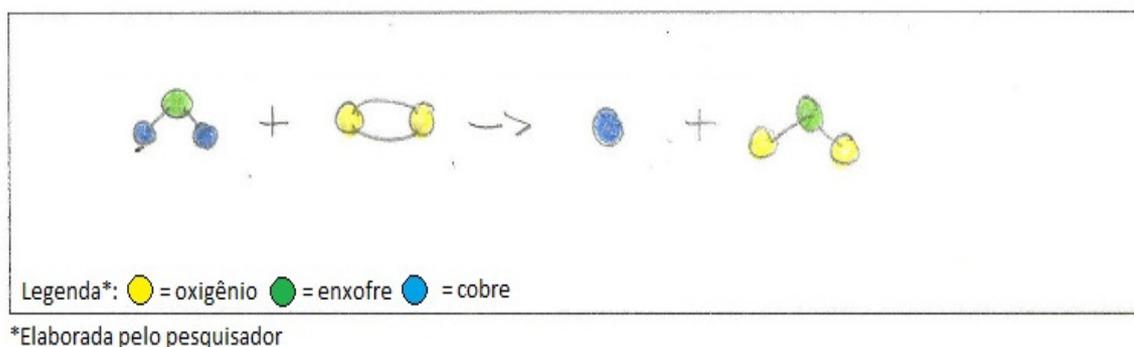


FIGURA 4.51 - Representação de uma das etapas de produção do cobre metálico, referente à atividade 03, realizada pelo aluno 21.

Embora o aluno 21 não tenha conseguido representar a reação respeitando a estequiometria, ele desenhou corretamente todas as espécies químicas envolvidas e os sinais, o que demonstra uma evolução do modelo mental do aluno 21, na terceira atividade, se comparada à primeira.

No entanto, na quinta atividade, o aluno 21 voltou a apresentar um desempenho inferior, se comparado à terceira, conforme visualizado na figura 4.52.

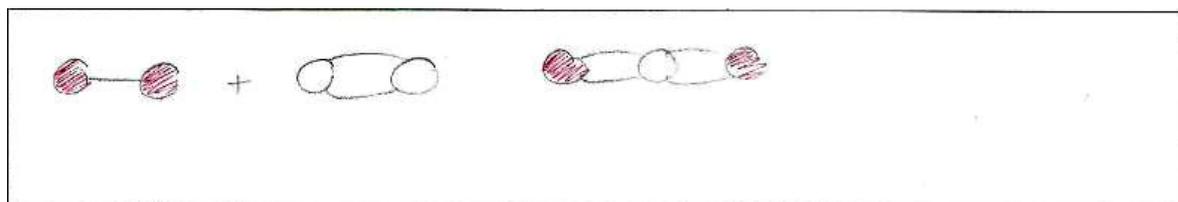


FIGURA 4.52 - Representação da reação de formação da água, referente à atividade 05, realizada pelo aluno 21.

Por meio da figura 4.52, constatou-se que o aluno 21 desconsiderou um sinal (a seta) e representou a molécula de gás carbônico ao invés da molécula de água, obtendo dessa forma um desempenho “Bom”. Sendo assim, houve alternância no seu desempenho durante as atividades, ou seja, “Bom” no começo depois passou para “Excelente” e, no final, novamente teve um desempenho “Bom”. Nesse caso, pode-se inferir que o aluno 21 utilizou diferentes explicações para o mesmo aspecto, uma vez que representou a molécula do gás carbônico de formas diferente durante as atividades. Tal fato reforça a afirmação de COUTINHO et al. (2005) de que, ao invés de construir uma única e importante ideia, os alunos podem apresentar maneiras diferentes de pensar.

Uma parcela de 24,3% dos alunos da turma A1 apresentou um desempenho constante ao longo do ano letivo. Destes, 88,9% tiveram um desempenho “Bom” e 11,1% “Excelente”. A figura 4.53 se refere à reação de combustão do carvão realizada pelo aluno 30, na primeira atividade.

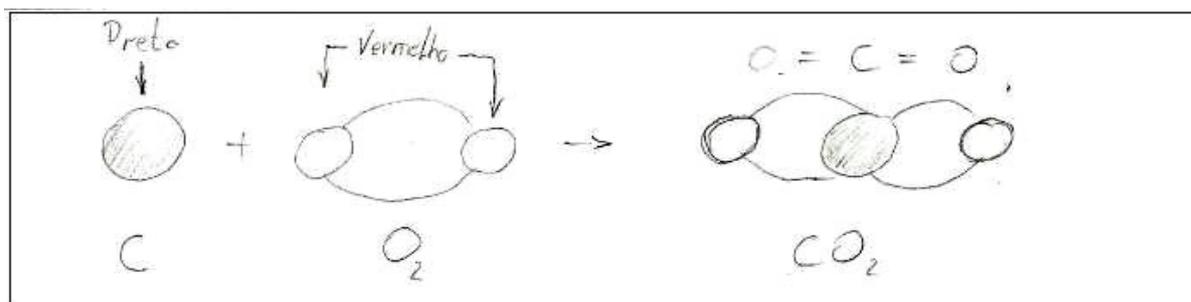


FIGURA 4.53 - Representação da combustão do carvão, referente à atividade 01, realizada pelo aluno 30.

Por meio da figura 4.53, constatou-se que o aluno 30 representou corretamente todas as espécies químicas e os sinais da reação na primeira atividade. Tal fato evidencia um bom modelo mental sobre essa forma de representação nas primeiras atividades. Ressalta-se que o aluno 30 apresentou o mesmo desempenho na quarta atividade, conforme visualizado na figura 4.54.

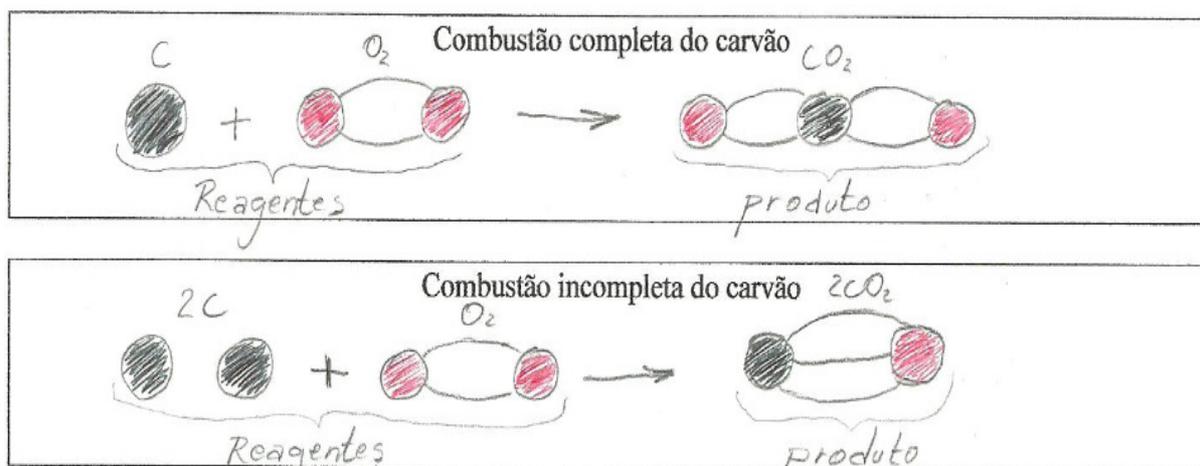


FIGURA 4.54 - Representação da combustão completa e incompleta do carvão, referente à atividade 04, feita pelo aluno 30.

Na figura 4.54, o aluno representou corretamente todas as espécies químicas e os sinais envolvidos nas reações de combustão completa e incompleta do carvão. No entanto, não respeitou a estequiometria em relação ao monóxido de carbono, embora tenha assinalado a existência de duas moléculas na forma simbólica (2CO). Ressalta-se que o aluno manteve esse desempenho nas demais atividades, conforme ilustrado na figura 4.55 referente à sexta atividade.

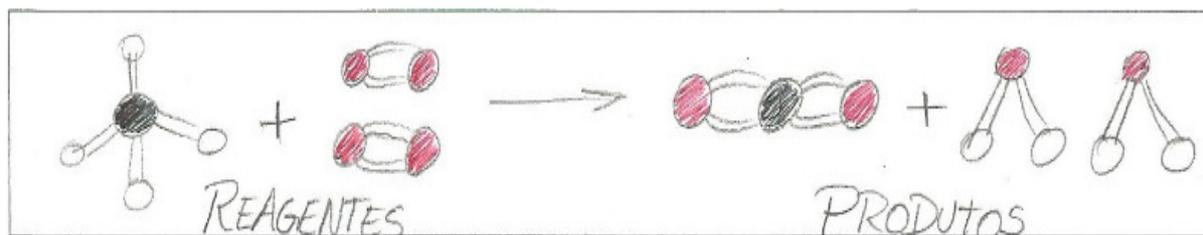


FIGURA 4.55 - Representação da combustão do metano, referente à atividade 06, realizada pelo aluno 30.

Nesse caso, o aluno 30 representou corretamente todas as espécies químicas e os sinais envolvidos na reação de combustão do metano. Dessa forma, o mesmo apresentou um desempenho “Excelente” em todas as atividades.

É importante ressaltar que os alunos da turma A1 foram adquirindo independência em relação à utilização dos modelos moleculares, ao longo das atividades, conforme aponta MIGLIATO (2005). Nas duas primeiras, por exemplo, todos os alunos adotaram esse recurso, enquanto 86,2 % o utilizaram na terceira, 67,7% na quarta, 48,8% na quinta e 27,5% na sexta atividade.

É importante destacar também, que a turma A1 foi uma das que mais utilizaram os modelos moleculares ao longo do ano letivo. Nas primeiras atividades, os alunos dessa turma apresentaram dificuldades no manuseio, assim como para relacionar esse material como a aprendizagem de diferentes conceitos, tais como balanceamento e a Lei de Lavoisier, entre outros. Dessa forma, os alunos insistiam em utilizar os modelos moleculares apenas nas questões envolvendo a representação submicroscópica das reações químicas propostas.

No decorrer do ano letivo, os alunos da turma A1 foram percebendo a contribuição do material para a resolução das demais questões, e passaram a utilizá-lo em outros exercícios. Houve registro de alunos da turma A1 que faziam o balanceamento e depois recorriam aos modelos moleculares para conferir se a reação estava correta.

Diante desse contexto, pode-se inferir que os modelos moleculares contribuíram em vários aspectos para a aprendizagem dos alunos da turma A1, fossem eles motivacionais ou pedagógicos, o que corrobora a afirmação de NÉRICI (1983) de que os materiais didáticos apresentam inúmeras finalidades, entre elas motivar a aula, facilitar a compreensão de fatos e conceitos, concretizar e ilustrar o que está sendo proposto verbalmente, entre outros aspectos.

O desempenho dos alunos da turma A1 durante o ano letivo de 2011 foi resumido na tabela 4.1.

TABELA 4.1 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A1, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	56,8	40,5	0,0	2,7
Reagentes	62,2	35,1	0,0	2,7
Produtos	8,1	81,1	2,7	8,1
Rearranjo	59,5	32,4	0,0	8,1
Lei de Proust	40,5	59,5	0,0	0,0
Lei de Lavoisier	62,2	32,4	0,0	5,4
Balanceamento	67,6	29,7	0,0	2,7
Estequiometria	83,8	10,8	0,0	5,4
Representação submicroscópica	59,5	16,2	0,0	24,3
Média	55,6	37,8	0,3	6,3

De maneira geral, os alunos da turma A1 apresentaram resultados satisfatórios em relação à evolução dos modelos mentais de diferentes conceitos químicos.

A categoria “evolução significativa” apresentou a maior incidência de alunos, com destaque para os conceitos: substância, reagentes, rearranjo, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e o tópico representação submicroscópica. Esse desempenho evidencia indícios de aprendizagem para esses conceitos, uma vez que os alunos foram incorporando novas informações às antigas no sentido de tornar os modelos mentais mais explicativos. Tal fato corrobora a afirmação de AUSUBEL et al. (1980) ao apontar que os conhecimentos são construídos por meio da incorporação de novas informações à estrutura cognitiva dos alunos. É importante enfatizar que também houve indícios de aprendizagem para os demais conceitos, embora esses tivessem sido em menor número.

É importante observar que para a compreensão do conceito de “estequiometria” é fundamental que os alunos tenham o conhecimento da Lei de Lavoisier e do balanceamento químico, ou seja, estes funcionariam como subsunçores para a aprendizagem de “estequiometria”. Tal fato foi verificado na turma A1, que apresentou uma elevada porcentagem de evolução significativa, em relação a esses conceitos, conforme visualizado na tabela 4.1.

Diante desses resultados, pode-se inferir que, provavelmente, houve aprendizagem para esses conceitos, uma vez que essa evolução se refere à elaboração de modelos mentais mais sofisticados com o passar das atividades, o que corrobora o argumento de MOREIRA (1997) de que é no processo de reformulação dos modelos mentais que a aprendizagem significativa pode ser utilizada na teoria desenvolvida por JOHNSON-LAIRD (1983).

Outro fato interessante foi o baixo índice de alunos com evolução significativa para o conceito de “produto”. Esperava-se que apresentasse um valor semelhante ao encontrado para os conceitos substância, reagentes e rearranjo. No entanto, o conceito “produto” apresentou um alto índice de oscilação, tendo sido também relacionado ao único caso de regressão registrado na turma A1.

De maneira geral, pode-se inferir que os modelos moleculares exerceram um papel importante na aprendizagem dos alunos da turma A1, em relação à representação de reações químicas no nível submicroscópico e aos diferentes conceitos químicos propostos, o que reforça a afirmação de FRANCISCO JUNIOR et al. (2009) de que a utilização de materiais concretos no ensino contribui para a compreensão do conhecimento no nível submicroscópico e facilita o entendimento de diferentes conceitos químicos.

Em relação à categoria “oscilação”, destacaram-se os conceitos: produto e Lei de Proust. Ressalta-se que os demais conceitos também apresentaram números expressivos em relação a esse desempenho. Mesmo nas últimas atividades, verificou-se que alguns alunos ainda utilizavam suas concepções iniciais, embora tivessem utilizado modelos mentais mais elaborados em atividades anteriores. Tal constatação reforça, ainda, a afirmação de NORMAN (1983) de que os modelos mentais são incompletos e instáveis.

Para MORTIMER (1995), a retomada das concepções pode indicar a falta de consciência do seu próprio perfil. Para o autor, a implicação dessa consciência está intimamente relacionada a escolhas mais adequadas de mediadores e linguagens sociais, de acordo com o contexto. O desempenho “constante” foi verificado com maior frequência no tópico “representação submicroscópica” e exceto para o conceito Lei de Proust, os demais conceitos também apresentaram incidência nessa categoria, porém, em menor número. A regressão no desempenho foi constatada apenas para o conceito “produto”.

A seguir, será apresentada uma análise sucinta das demais turmas envolvidas na pesquisa, apresentando dados gerais de cada uma delas e discutindo as diferenças consideráveis em relação ao desempenho da turma A1. O critério adotado nesse caso, para ser estimada como uma diferença considerável é apresentar um valor acima de 30,0%, ou seja, se para um determinado conceito a turma A1 apresentou 60,0% de evolução significativa e outra turma apresentou 20,0%, esta é considerada uma diferença significativa

(40,0%) e será discutida na análise sucinta. É importante ressaltar que os critérios de análise foram os mesmos para todas as turmas e também durante o minicurso.

Escola A - Turma A2

A turma A2 era formada por 38 alunos. Destes, 10 alunos (26,3%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Dessa forma, esses dados foram insuficientes para avaliar a evolução dos seus modelos mentais durante o período de estudo e, por isso, esses dados não foram contabilizados na análise.

De maneira geral, os alunos da turma A2 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1 no questionário inicial. A questão que mais destoou da turma A1 foi a 11, referente ao modelo do sistema solar, conforme representado na figura 4.56:

11. Sobre a figura ao lado, é possível afirmar que trata-se de:

- a) uma foto do sistema solar
- b) um desenho do sistema solar
- c) o centro da via láctea
- d) foto de um buraco negro
- e) sol girando em torno de planetas



FIGURA 4.56 - Questão 11 do questionário inicial.

Diferentemente da turma A1, na qual apenas 10,7% dos alunos assinalaram a alternativa correta, na turma A2, 42,9% marcaram a opção correta que se referia a um desenho do sistema solar. Uma parcela de 39,3% assinalou tratar-se de um foto do sistema solar (78,6 % dos alunos da turma A1 marcaram essa alternativa) e 17,9% consideraram tratar-se do Sol girando em torno dos planetas (10,7% na turma A1). Assim como na turma A1, não houve registros

para as alternativas “c” e “d”. Apesar de apresentar melhor desempenho nessa questão, se comparada à turma A1, também foi possível constatar que os alunos da turma A2 apresentaram dificuldades em distinguir uma foto de um modelo do sistema solar, o qual foi verificado na distribuição das respostas.

Assim como na turma A1, os alunos da turma A2 apresentaram resultados satisfatórios em relação ao conceito “transformação” e “modelo”, o que pode contribuir diretamente para a elaboração de modelos mentais mais sofisticados, pois, conforme apontam MENDONÇA e JUSTI (2005) os modelos exercem um papel importante no Ensino de Química, uma vez que muitas explicações de fenômenos químicos envolvem conceitos abstratos e de difícil compreensão por parte dos alunos. A tabela 4.2 apresenta os resultados dos alunos da turma A2 durante o ano letivo, nos diferentes conceitos químicos analisados.

TABELA 4.2 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A2, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	39,3	60,7	0,0	0,0
Reagentes	25,0	75,0	0,0	0,0
Produtos	28,6	67,9	0,0	3,6
Rearranjo	50,0	42,9	0,0	7,1
Lei de Proust	25,0	57,1	0,0	17,9
Lei de Lavoisier	50,0	42,9	0,0	7,1
Balanceamento	46,4	46,4	0,0	7,1
Estequiometria	46,4	42,9	0,0	10,7
Representação submicroscópica	57,1	28,6	0,0	14,3
Média	40,9	51,6	0,0	7,5

Por meio da tabela 4.2, constatou-se que os alunos da turma A2 apresentaram, em média, maior porcentagem de desempenho na categoria “oscilação”, com destaque para os conceitos: substância, reagente, produto e Lei de Proust. É importante mencionar que os demais conceitos também apresentaram elevado índice de oscilação, porém, em menor número, se comparados à outra categoria.

Para os conceitos que apresentaram alto índice de oscilação, constatou-se a presença de ideias iniciais dos alunos convivendo com aquelas discutidas em sala de aula durante o ano letivo, o que reforça a noção de perfil conceitual de MORTIMER (1996) na qual o autor reconhece que as ideias prévias podem permanecer e conviver com as ideias científicas, cada qual sendo usada em determinado contexto.

Em relação à categoria “evolução significativa”, destacaram-se os conceitos: rearranjo, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e representação submicroscópica. Nesses casos, pode-se inferir que, muito provavelmente, houve aprendizagem significativa para esses conceitos, uma vez que os alunos foram reelaborando seus modelos mentais ao longo do ano letivo e utilizando-os em novas situações, o que corrobora a afirmação de NOVAK (2000) de que a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conhecimentos são aplicados em diferentes ocasiões. Ressalta-se que também houve indícios de aprendizagem para os conceitos substância, reagentes, produtos e Lei de Proust, embora em menor número.

Exceto para os conceitos substância e reagente, foi observado um desempenho constante nos demais. De modo geral, 66,7% apresentaram desempenho constante e Ruim. Nesse caso, pode-se inferir que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais dos alunos nessas situações. Uma parcela de 22,2% teve um desempenho constante e Bom e 11,1% Excelente, em todas as atividades.

Não foi registrado nenhum caso de regressão no desempenho em relação à turma A2.

De maneira geral, os alunos da turma A2 apresentaram desempenhos semelhantes aos da turma A1. Dois conceitos, no entanto, apresentaram diferença considerável em relação àquela turma. O primeiro refere-se ao conceito de “reagente”. Enquanto na turma A1, 62,2% dos alunos atingiram uma evolução significativa, na turma A2 apenas 25,0% alcançaram esse desempenho, ou seja, os alunos da turma A2 apresentaram um resultado inferior aos da turma A1, no tocante ao conceito “reagente”.

Outro conceito que apresentou diferença considerável em relação à turma A1 foi “estequiometria”. Nele, apenas 46,4% dos alunos apresentaram uma evolução significativa, bem abaixo dos 83,8% registrados na turma A1. Enquanto na turma A1 houve baixa oscilação para esse conceito (10,8%), na turma A2 o número foi expressivo (42,9%), o que evidencia que os alunos ainda apresentavam dificuldades na compreensão daquele conceito ao final do período letivo.

Levando-se em consideração o fato de que o professor é o mesmo nas turmas A1 e A2, assim como a matéria e as atividades desenvolvidas, pode-se inferir que o fator principal para um desempenho melhor da turma A1 em relação à turma A2 foi o envolvimento dos alunos nas atividades. Na turma A2, por exemplo, os alunos tinham as duas últimas aulas na sexta-feira, e tal fato fazia com que ficassem mais agitados e com pressa para terminar as atividades, o que pode ter contribuído para esse resultado. De acordo com AUSUBEL et al. (1980), os alunos precisam desejar aprender de forma significativa; portanto, o horário das aulas desta turma pode ter afetado de forma negativa a disposição dos alunos em relação à aprendizagem.

Em relação à utilização dos modelos moleculares, os alunos da turma A2 fizeram uso desse recurso com menos frequência, se comparados à turma A1. Assim como na turma A1, todos os alunos da turma A2 utilizaram os

modelos moleculares nas duas primeiras atividades, enquanto na terceira 61,5% o utilizaram (86,2% na turma A1), 48% na quarta (67,7% na A1; 26,9% na quinta 48,8% e 13,6% na sexta (27,5%).

Além do motivo exposto anteriormente, a utilização dos modelos moleculares pelos alunos da turma A1 por mais tempo, pode ter contribuído para que esses apresentassem um desempenho melhor do que os alunos da turma A2, em relação aos conceitos substância e reagente.

Escola A - Turma A3

A turma A3 era formada por 40 alunos. Ressalta-se que, nesta turma, não houve registro de aluno que tivesse participado de, no máximo, duas atividades. Dessa forma, foram considerados durante a análise os resultados de todos os alunos.

Em relação ao questionário inicial, os alunos da turma A3 tiveram um desempenho semelhante aos da turma A1, apresentando, inclusive, dificuldades nas mesmas questões (processo de transgênese – Q5; modelo do sistema solar – Q11 e a representação do cachimbo – Q12).

O desempenho dos alunos da turma A3 durante o ano letivo nos diferentes conceitos está listado na tabela 4.3.

TABELA 4.3 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A3, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	37,5	55,0	0,0	7,5
Reagentes	20,0	45,0	0,0	35,0
Produtos	22,5	62,5	2,5	12,5
Rearranjo	47,5	37,5	0,0	15,0

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Lei de Proust	47,5	45,0	0,0	7,5
Lei de Lavoisier	57,5	35,0	0,0	7,5
Balanceamento	52,5	42,5	0,0	5,0
Estequiometria	65,0	17,5	0,0	17,5
Representação submicroscópica	32,5	47,5	0,0	20,0
Média	42,5	43,0	0,27	14,2

Por meio da tabela 4.3, foi possível constatar que os alunos da turma A3 apresentaram, em média, desempenho semelhante em relação às categorias oscilação (43,0%) e evolução significativa (42,5%), seguido pelo desempenho constante com 14,2% e regressão com 0,27%.

O desempenho oscilante foi predominante nos seguintes conceitos: substância, reagentes, produtos e representação submicroscópica. Embora em menor quantidade, os demais conceitos também apresentaram valores expressivos para o desempenho “oscilação”. Assim como discutido no conceito “balanceamento” da turma A1, esses conceitos não foram consolidados na estrutura cognitiva dos alunos dessa categoria, e assim, conforme salienta BUSQUETS (1997) podem ser esquecidos mais facilmente após certo tempo.

Os conceitos que apresentaram maior incidência de evolução significativa foram: rearranjo, Lei de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento e estequiometria. Além desses, os demais também apresentaram um número considerável de evolução, embora em menor quantidade se comparados à outra categoria. Dessa forma, pode-se inferir que os alunos da turma A3 apresentaram indícios de aprendizagem para os conceitos propostos, o que corrobora a afirmação de AUSUBEL et al. (1980) de que a aprendizagem reside na

‘ampliação’ da estrutura cognitiva do indivíduo por meio da incorporação de novas informações.

O desempenho regressão foi verificado apenas para o conceito “produto”. Em relação à categoria constante, foi possível observar a presença desse desempenho em todos os conceitos. De modo geral, foram registrados 30,8% de desempenho constante e “Ruim” ao longo do ano letivo, o que evidencia que os modelos moleculares não contribuíram para a aprendizagem nessas situações. Uma parcela de 10,3% apresentou um desempenho constante e “Bom”, enquanto que 59,0% teve um resultado “Excelente” em todas as atividades. Nesse caso, pode-se inferir que também houve indícios de aprendizagem, uma vez que os alunos apresentaram modelos mentais elaborados em diferentes situações ao longo do ano letivo.

De maneira geral, os alunos da turma A3 apresentaram desempenho semelhante aos da turma A1, exceto para o conceito “reagente” e para o tópico “representação submicroscópica”.

Em relação ao conceito “reagente”, uma parcela de 20,0% dos alunos da turma A3 obteve uma evolução significativa, apresentando assim um valor abaixo do desempenho dos alunos da turma A1 (62,2%). No entanto, foi possível verificar um alto índice de desempenho constante para a turma A3 (35,0%) em relação a esse mesmo desempenho na turma A1 (2,7%). Nesse caso, foi possível constatar que os alunos da turma A3 já apresentavam um bom modelo mental sobre os reagentes desde o início das atividades, e o mantiveram durante o ano letivo. Não houve nenhum registro de desempenho constante e “Ruim”, dessa forma, em todos os casos este desempenho estava relacionado ao “Bom” ou “Excelente”.

Na turma A3, a professora P2 trabalhava constantemente a representação das moléculas no nível submicroscópico, utilizando, inclusive, os modelos moleculares em outras aulas, o que pode ter contribuído diretamente para a aprendizagem dos diferentes conceitos químicos. Tal constatação está de

acordo com a afirmação de FERREIRA (2006) de que a utilização constante dos modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos, por meio da criação de estruturas através das quais pode explorar seu objeto, assim como testar o seu modelo, desenvolvendo, dessa forma, conhecimentos mais abrangentes.

Outro ponto que chamou a atenção na turma A3 foi a oscilação verificada em relação à representação submicroscópica. Na turma A3, esse valor atingiu 47,5% dos alunos, enquanto foram apenas 16,2% na turma A1.

Assim como na turma A1, os alunos da turma A3 foram adquirindo independência em relação à utilização dos modelos moleculares ao longo do ano letivo. De modo semelhante à turma A1, todos os alunos da turma A3 utilizaram esse recurso nas duas primeiras atividades, enquanto na terceira 84,6% o utilizaram (86,2% na A1), na quarta 74,3% (67,7% na A1), na quinta 25% (48,8% na A1) e na sexta 21,2% (27,5% na A1).

Escola A - Turma A4

A turma A4, do período noturno, era formada por 31 alunos. É importante ressaltar que houve um número considerável de desistências ao longo do ano letivo. Dessa turma, 19 alunos (61,3%) participaram de, no máximo, duas atividades. Sendo assim, esses dados não foram levados em consideração durante a análise do desempenho da turma A4.

No tocante ao questionário inicial, os alunos da turma A4 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1, tanto em relação ao conceito “transformação” quanto ao conceito “modelo”, apresentando, inclusive, dificuldades nas mesmas questões (processo de transgênese – Q5; modelo do sistema solar – Q11 e a representação do cachimbo – Q12).

A tabela 4.4 apresenta o desempenho dos alunos da turma A4 ao longo do ano letivo.

TABELA 4.4 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma A4, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	58,3	41,7	0,0	0,0
Reagentes	50,0	33,3	0,0	16,7
Produtos	41,7	58,3	0,0	0,0
Rearranjo	41,7	33,3	0,0	25,0
Lei de Proust	33,3	66,7	0,0	0,0
Lei de Lavoisier	83,3	8,3	0,0	8,3
Balanceamento	41,7	50,0	0,0	8,3
Estequiometria	33,3	41,7	0,0	25,0
Representação submicroscópica	50,0	8,3	0,0	41,7
Média	48,1	38,0	0,0	13,9

Por meio da tabela 4.4, constatou-se que os alunos da turma A4 apresentaram, em média, maior porcentagem de desempenho para a categoria “evolução significativa”, com destaque para os conceitos: substância, reagentes, rearranjo, Lei de Lavoisier e representação submicroscópica. É importante mencionar que também houve evolução significativa nos demais conceitos, porém, em menor número, se comparados à outra categoria.

Nessa categoria, foi possível perceber que os alunos apresentaram modelos mentais simples no começo do ano e, com o passar das atividades, foram evoluindo para modelos mais elaborados e com maior poder de explicação, o que corrobora a afirmação de JOHNSON-LAIRD (1983) de que os modelos mentais se tornam mais completos à medida que conseguem explicar mais fenômenos. Diante disso, pode-se inferir que a aprendizagem desses conceitos foi, provavelmente, significativa.

Embora tenha sido verificada em todos os conceitos, a oscilação foi predominante em três deles: produtos, Lei de Proust e balanceamento. Assim como nas turmas anteriores, essa oscilação evidencia a retomada das concepções iniciais pelos alunos, em alguns momentos, intercalando com o conhecimento aprendido em sala de aula. Tal fato está de acordo com a afirmação de BORGES (1999) de que na ausência de modelos mais sofisticados, os alunos continuarão a utilizar seus modelos intuitivos para prever e explicar resultados, ou seja, utilizarão o conhecimento do senso comum, até mesmo em situações que exigem o uso do conhecimento científico.

Exceto para os conceitos substância, produto e Lei de Proust, os demais apresentaram incidência de desempenho constante. De maneira geral, 50,0% foi constante e “Ruim” ao longo do ano letivo, o que indica que os modelos moleculares não contribuíram para a elaboração de modelos mentais desses alunos. Uma parcela de 42,9% apresentou desempenho constante e “Bom” e 7,1% constante e “Excelente” em todas as atividades propostas. Não houve registro de regressão para os alunos da turma A4.

É importante enfatizar que, de maneira geral, os alunos da turma A4 apresentaram um desempenho semelhante aos da turma A1, exceto para os conceitos “produto” e “estequiometria”.

Em relação ao primeiro, os alunos da turma A4 apresentaram maior porcentagem de evolução significativa (41,7%) se comparados à turma A1 (8,1%), assim como uma menor oscilação em relação à compreensão desse conceito. Tal resultado pode ser justificado pelo fato de o professor da turma A4 ter explorado com maior frequência os modelos moleculares, uma vez que ele utilizou esse recurso em diversas aulas, ao longo do ano letivo, e não apenas durante as atividades propostas. O uso contínuo desse recurso pelo professor contribuiu satisfatoriamente para a representação de estruturas de diferentes moléculas, o que reforça a afirmação de FERREIRA (2006) de que a utilização

dos modelos moleculares permite a visualização de conceitos abstratos e contribui para que os conhecimentos se tornem mais abrangentes.

No tocante ao conceito “estequiometria”, os alunos da turma A4 apresentaram um desempenho inferior (33,3%) se comparados à turma A1 (83,8%), assim como uma maior oscilação em relação à sua compreensão (10,8% na turma A1 e 41,7% na A4). Nesse caso, foi possível constatar que os alunos da turma A4 apresentaram dificuldades relacionadas às operações matemáticas, o que prejudicou a resolução dos exercícios propostos.

Assim como a turma A1, a turma A4 foi uma das que mais utilizaram os modelos moleculares ao longo do ano letivo. Nas quatro primeiras atividades, todos os alunos utilizaram esse recurso, enquanto na quinta 41,7% o utilizaram (48,8% na A1) e 33,3% na sexta (27,5% na A1).

Escola B - Turma B1

A turma B1 era formada por 27 alunos. Desses, 06 alunos (22,2%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Dessa forma, esses dados foram insuficientes para verificar a evolução dos modelos mentais durante o período de estudo e assim, não foram contabilizados na análise da turma B1.

De maneira geral, os alunos da turma B1 apresentaram um desempenho semelhante em relação aos da turma A1 no questionário inicial, exceto para a questão 12, referente à representação do cachimbo, conforme visualizado na figura 4.57:

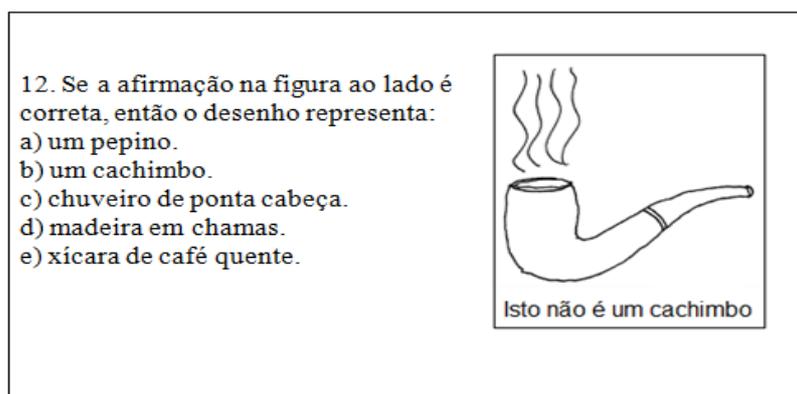


Figura 4.57: Questão 12 do questionário inicial.

Nessa questão, a maioria dos alunos (76,5%) assinalou corretamente a alternativa “b”, que mencionava tratar-se de um desenho do cachimbo. Se comparado aos alunos da turma A1 (39,3% de acerto), a turma B1 apresentou um resultado superior em relação a essa questão.

Uma parcela de 23,5% marcou a opção “c”, que se tratava de um chuveiro de ponta-cabeça (50,0% dos alunos da turma A1 assinalaram essa resposta). Não houve registros para as alternativas “a”, “d” e “e”.

O desempenho dos alunos da turma B1 em relação aos conceitos químicos trabalhados ao longo do ano letivo está resumido na tabela 4.5.

TABELA 4.5 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B1, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	66,7	33,3	0,0	0,0
Reagentes	61,9	38,1	0,0	0,0
Produtos	57,1	42,9	0,0	0,0
Rearranjo	47,6	52,4	0,0	0,0
Lei de Proust	4,8	85,7	0,0	9,5
Lei de Lavoisier	52,4	42,9	0,0	4,8
Balanceamento	47,6	42,9	0,0	9,5

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Estequiometria	76,2	23,8	0,0	0,0
Representação submicroscópica	52,4	47,6	0,0	0,0
Média	51,9	45,5	0,0	2,6

Os alunos da turma B1 apresentaram, em média, maior porcentagem de desempenho para a categoria “evolução significativa”, destacando os conceitos: substância, reagentes, produtos, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e representação submicroscópica. Ressalta-se que houve, também, evolução significativa para os demais conceitos, porém, em menor quantidade. Nesses casos, os alunos apresentaram modelos mentais mais elaborados durante o desenvolvimento das atividades. Dessa forma, pode-se inferir que houve evolução dos modelos mentais dos alunos e que, provavelmente, a aprendizagem destes conceitos foi significativa.

Todos os conceitos apresentaram registro de desempenho oscilante, com destaque para: rearranjo e lei de Proust. Nesse caso, constatou-se que os alunos alternavam o seu desempenho ao longo das atividades, ou seja, ora utilizavam o conceito trabalhado em sala de aula, ora retomavam as concepções antigas. Tal fato está de acordo com a afirmação de MORTIMER (1996) de que o saber escolar/cotidiano pode conviver com o saber científico.

Os conceitos que apresentaram desempenho constante foram: Lei de Proust, Lei de Lavoisier e balanceamento. De forma geral, 20,0% desse desempenho foi “Ruim”, ao longo do ano letivo, o que indica que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais desses alunos, enquanto 80,0% apresentaram um desempenho constante e “Bom” em todas as atividades propostas.

Não houve registro de regressão no desempenho para os alunos da turma B1.

De maneira geral, os alunos da turma B1 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1 nas atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo, exceto para os conceitos “produto” e “Lei de Proust”.

Em relação ao conceito “produto”, foi possível constatar um desempenho melhor da turma B1 (57,1%), se comparado à turma A1 (8,1%) em relação à categoria evolução significativa, assim como uma menor oscilação em relação ao desempenho (42,9% na turma B1 e 81,1% na A1). Nesse caso, os alunos da turma B1 apresentaram maior domínio na representação dos produtos de uma reação química e um fato que pode ter contribuído diretamente para esse resultado foi a utilização dos modelos moleculares pela professora P4 em outros momentos de suas aulas.

Para o conceito “Lei de Proust”, constatou-se que os alunos da turma B1 apresentaram um resultado inferior (4,8%) em relação aos alunos da turma A1 (40,5%) na categoria evolução significativa. Nesse caso, foi possível averiguar que a maioria dos alunos da turma B1 (85,7%) apresentou oscilação em relação ao desempenho neste conceito, o que o evidencia que o conhecimento não foi consolidado por esses alunos.

Em relação à utilização dos modelos moleculares, assim como na turma A1, todos os alunos da turma B1 utilizaram esse recurso nas duas primeiras atividades. Na terceira 81,8% usou (86,2% na turma A1), na quarta 75% (67,7% na A1), na quinta 78,6% (48,8% na A1) e na sexta 18,8 (27,5%).

Escola B - Turma B2

A turma B2 era formada por 29 alunos. Destes, 04 alunos (13,8%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Dessa forma, esses dados foram insuficientes para averiguar a evolução dos

modelos mentais durante o ano letivo e, assim, não foram contabilizados na análise da turma B2.

De maneira geral, os alunos da turma B2 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1 no questionário inicial. A questão que apresentou maior diferença de acerto foi a Q-11, referente ao modelo do sistema solar, conforme visualizado na figura 4.58:

11. Sobre a figura ao lado, é possível afirmar que trata-se de:

- a) uma foto do sistema solar
- b) um desenho do sistema solar
- c) o centro da via láctea
- d) foto de um buraco negro
- e) sol girando em torno de planetas



Figura 4.58 - Questão 11 do questionário inicial.

Os alunos da turma B2 apresentaram um desempenho melhor nessa questão, pois 40,9% responderam corretamente a alternativa “b”, se comparados à turma A1 (10,7%). É importante ressaltar que a maioria dos alunos assinalou a alternativa “a” (54,5% na turma B2 e 78,6% na turma A1), que mencionava tratar-se de uma foto do sistema solar. Uma pequena parcela 4,5% dos alunos assinalou a alternativa “e” que mencionava tratar-se do Sol girando em torno de planetas (10,7% na A1). Dessa forma, foi possível constatar que, mesmo apresentando um desempenho melhor do que a turma A1, os alunos da turma B2 também encontraram dificuldades em relação ao modelo de representação do sistema solar.

A Tabela 4.6 apresenta o desempenho dos alunos da turma B2 ao longo do ano letivo de 2011.

TABELA 4.6 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B2, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	56,0	40,0	4,0	0,0
Reagentes	48,0	44,0	4,0	4,0
Produtos	52,0	48,0	0,0	0,0
Rearranjo	40,0	52,0	4,0	4,0
Lei de Proust	16,0	84,0	0,0	0,0
Lei de Lavoisier	32,0	68,0	0,0	0,0
Balanceamento	16,0	80,0	4,0	0,0
Estequiometria	40,0	60,0	0,0	0,0
Representação submicroscópica	48,0	48,0	0,0	4,0
Média	38,7	58,2	1,8	1,3

Por meio da tabela 4.6, constatou-se que a turma B2 apresentou, em média, maior porcentagem de alunos na categoria “oscilação”, com destaque para os conceitos: rearranjo, Lei de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento e estequiometria. É importante salientar que os demais conceitos também apresentaram oscilação, porém, em menor quantidade. Assim como nas demais turmas, esse desempenho evidencia que tais conceitos não foram completamente consolidados na estrutura cognitiva dos alunos.

Em relação à categoria “evolução significativa”, os conceitos que se destacaram foram: substância, reagente, produto e o tópico representação submicroscópica. Os demais também apresentaram evolução significativa, porém, em menor quantidade. Nesses casos, constatou-se que os alunos mostraram evolução dos modelos mentais ao longo do ano letivo, o que reforça a afirmação de NORMAN (1983) de que os alunos tendem a apresentar um

modelo mental mais elaborado com o passar do tempo. Dessa forma, pode-se inferir que, provavelmente, a aprendizagem desses conceitos foi significativa.

O desempenho constante foi verificado para os conceitos reagente, rearranjo e o tópico representação submicroscópica. Nesse caso, um aluno apresentou desempenho constante e “Ruim” ao longo do ano letivo, o que evidencia que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais desse aluno, enquanto outro apresentou desempenho constante e “Bom” e outro um desempenho “Excelente”. Nesses casos, parece que os modelos moleculares foram úteis para a evolução dos modelos mentais dos alunos.

A regressão no desempenho foi verificada para os conceitos substância, reagente, rearranjo e balanceamento.

De maneira geral, a turma B2 apresentou desempenho semelhante ao da turma A1 para os seguintes conceitos: substância, reagente, rearranjo e Lei de Proust. Nos demais, houve diferença considerável.

Em relação ao conceito “produto”, a turma B2 apresentou um desempenho melhor (52,0%) se comparado à turma A1 (8,1%) e, conseqüentemente, uma menor oscilação (48,0% na turma B2 e 81,1% na A1). Assim como na turma A4, o fato de a professora P4 utilizar os modelos moleculares em outras aulas pode ter contribuído diretamente para esse desempenho.

No tocante aos conceitos Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e ao tópico representação submicroscópica, a turma B2 apresentou um desempenho inferior à turma A1.

Em relação à Lei de Lavoisier, uma parcela de 32,0% dos alunos teve uma evolução significativa, um valor abaixo da turma A1 (62,2%). Nesse caso, os alunos apresentaram dificuldades para compreender que em um sistema fechado a massa se conserva, mesmo depois de o assunto ter sido discutido em sala de aula. Nas últimas atividades, por exemplo, foi possível constatar, ainda,

que alguns alunos argumentaram não ser possível determinar a massa dos produtos sem a presença de uma balança. A turma B2 apresentou um elevado percentual de alunos com desempenho oscilante (68,0%), o que evidencia que esse conceito não foi consolidado pelos alunos.

Em relação ao conceito balanceamento, foi possível constatar que uma parcela de 16,0% dos alunos da turma B2 apresentou uma evolução significativa, valor abaixo da turma A1 (67,6%). Diferentemente da turma A1, que utilizava constantemente os modelos moleculares para efetuar o balanceamento das reações, os alunos da turma B2 raramente faziam uso desse recurso para tal finalidade. Nesse caso, a utilização dos modelos moleculares pelos alunos da turma A1 pode estar diretamente relacionada ao melhor desempenho nesse conceito.

No tocante ao conceito “estequiometria”, uma parcela de 40,0% dos alunos da turma B2 atingiu uma evolução significativa, enquanto esse valor chegou a 83,8% na turma A1. O melhor desempenho desta em relação à turma B2 pode ser justificado pelo argumentado apresentado anteriormente.

Em relação ao tópico “representação submicroscópica” a diferença residiu no desempenho oscilação, no qual a turma B2 apresentou um índice de 48,0% comparado à turma A1 com 16,2%.

Assim como na turma A1, todos os alunos da turma B2 utilizaram os modelos moleculares nas duas primeiras atividades, enquanto na terceira 82,6% o utilizaram (86,2% na turma A1), na quarta 65,2% (67,7% na A1), na quinta 80,0% (48,8% na A1) e nenhum aluno fez uso deles na última atividade (27,5% na A1).

Escola B - Turma B3

A turma B3 era formada por 30 alunos. Destes, 07 alunos (23,3%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Sendo assim, esses dados foram insuficientes para analisar a evolução dos modelos mentais durante o ano letivo, não sendo, portanto, contabilizados na análise da turma B3.

Em relação ao questionário inicial, foi possível constatar que os alunos da turma B3 apresentaram um desempenho semelhante aos da turma A1, para o conceito de modelo, e um resultado inferior no tocante ao conceito transformação. Enquanto na turma A1 apenas 14,3% dos alunos apresentaram um desempenho “Ruim” nesse conceito, esse número chegou a 55,6% na turma B3.

A figura 4.59 apresenta a questão 01 do questionário inicial referente a uma transformação física.

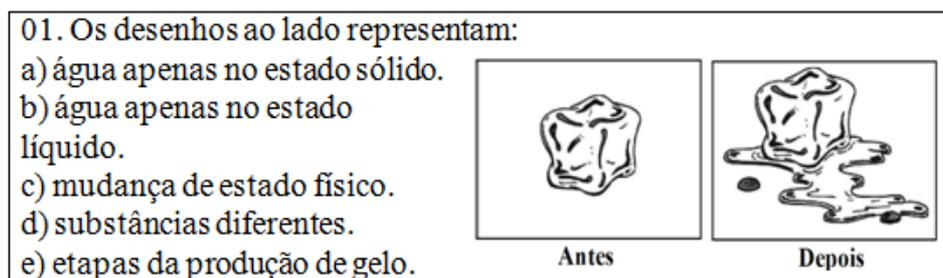


FIGURA 4.59 - Questão 01 do questionário inicial.

Na primeira questão, 50,0% dos alunos da turma B3 assinalaram corretamente a alternativa “c”, que mencionava tratar-se de uma transformação física. Se comparada à turma A1, cujo índice de acerto foi de 85,7%, a turma B3 apresentou um desempenho inferior.

Uma parcela de 16,7% assinalou a alternativa “a” que mencionava tratar-se de água apenas no estado sólido (3,6% na turma A1), enquanto que 22,2% marcaram a opção “b” em que a água estaria apenas no estado líquido (3,6% na turma A1) e 11,1% assinalaram a alternativa “e” na qual mencionava tratar-se das diferentes etapas de produção do gelo (7,1% na turma A1).

Outra questão que apresentou diferença de desempenho em relação à turma A1 foi a terceira, referente à produção de energia elétrica, conforme visualizada na figura 4.60:

03. Aponte a alternativa que melhor explica como é produzida eletricidade em uma usina hidrelétrica.
- a) A produção envolve diferentes estados físicos da água.
 - b) A água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica.
 - c) A água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica.
 - d) A água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica.
 - e) A água resfria as turbinas que geram energia elétrica.

FIGURA 4.60 - Questão 03 do questionário inicial.

Nessa questão, apenas 44,4% dos alunos da turma B3 assinalaram a alternativa correta, número abaixo dos 82,1% da turma A1. Uma parcela de 22,2% dos alunos assinalou a alternativa “c” que apontava que a água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica (7,1% na turma A1). Uma parcela de 16,7% apontou que a água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica (3,6% na turma A1), enquanto que 11,1% assinalaram a opção “e” que mencionava que a água resfria as turbinas que geram energia elétrica (7,1% na turma A1) e 5,6% assinalaram a alternativa “a” na qual afirmava que a produção de energia elétrica envolve diferentes estados físicos da água.

A questão 04, referente à produção de uma bebida apresentou uma diferença considerável em relação à turma A1.

04. A figura ao lado pode ser representativa de:

- a) processo de engarrafamento de uvas.
- b) etapa necessária ao plantio de uvas.
- c) transformação que produz uma bebida.
- d) dois produtos industrializados.
- e) etapa de aquecimento na produção de vinho.

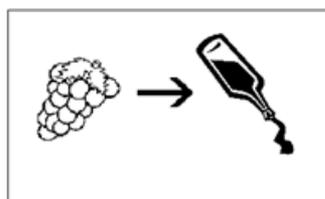


FIGURA 4.61 - Questão 04 do questionário inicial.

Enquanto na turma A1 o índice de acerto foi de 82,1%, na turma B3 esse valor foi de 44,4%, o que evidencia um desempenho melhor da turma A1 em relação à turma B3.

Uma parcela de 27,8% dos alunos escolheu tratar-se de uma etapa de aquecimento na produção do vinho (10,7% na turma A1), enquanto que 16,7% assinalaram a alternativa “d” que apontava tratar-se de dois produtos industrializados. Uma parcela de 11,1% marcou a opção “a” que se referia ao processo de engarrafamento de uvas (7,1% na turma A1).

A questão 09, referente a um modelo de estação de tratamento de água, também apresentou uma diferença considerável em relação à turma A1.

09. A figura ao lado representa:

- a) os diferentes usos da água na sociedade.
- b) o ciclo completo da água na natureza.
- c) a contaminação da água em uma represa.
- d) a importância da água para as plantas.
- e) uma estação de tratamento de água.



FIGURA 4.62 - Questão 09 do questionário inicial.

Foi possível constatar que 50,0% dos alunos da turma B3 assinalaram corretamente a alternativa “e”, que se referia a uma estação de tratamento de água, enquanto que 96,4% dos alunos da turma A1 assinalaram essa alternativa. Uma parcela de 33,3% marcou a opção “a”, que mencionava tratar-se dos diferentes usos da água na sociedade (3,6% na turma A1) e 16,7% a opção “b” referente ao ciclo completo da água na natureza (nenhum aluno assinalou essa opção na turma A1). Assim como na turma A1, não houve registros para as alternativas “c” e “d”.

A questão 12, referente à representação do cachimbo também apresentou diferença no desempenho em relação à turma A1, conforme figura 4.63.

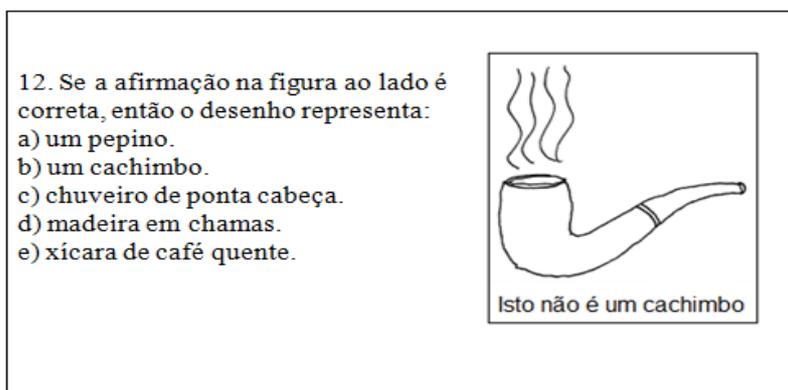


FIGURA 4.63 - Questão 12 do questionário inicial.

A maioria dos alunos da turma B3 (66,7%) assinalou corretamente a alternativa “b”, que se referia à representação de um cachimbo, enquanto que na turma A1 o índice de acerto foi de 39,3%. Uma parcela de 16,7% marcou a alternativa “c”, que se referia a um chuveiro de ponta-cabeça (50,0% na turma A1), enquanto que 11,1% escolheram tratar-se de uma xícara de café quente (10,7% na turma A1) e 5,6% marcaram a opção “a”, que apontava ser um pepino. A tabela 4.7 apresenta o desempenho dos alunos da turma B3 ao longo do ano letivo nos diferentes conceitos químicos analisados.

TABELA 4.7 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma B3, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	43,5	43,5	0,0	13,0
Reagentes	43,5	47,8	0,0	8,7
Produtos	43,5	47,8	0,0	8,7
Rearranjo	52,2	26,1	0,0	21,7
Lei de Proust	17,4	56,5	4,3	21,7
Lei de Lavoisier	34,8	56,5	0,0	8,7
Balanceamento	26,1	65,2	0,0	8,7
Estequiometria	39,1	39,1	0,0	21,7

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Representação submicroscópica	47,8	43,5	0,0	8,7
Média	38,6	47,3	0,5	13,5

Por meio da tabela 4.7, constatou-se que os alunos da turma B3 apresentaram, em média, maior percentual para o desempenho oscilante, com destaque para os conceitos: reagentes, produtos, Lei de Proust, Lei de Lavoisier e balanceamento. Embora em menor quantidade, os demais conceitos também apresentaram oscilação.

Todos os conceitos apresentaram evolução significativa na turma B3, com destaque para: substância, rearranjo, estequiometria e o tópico representação submicroscópica. Sendo assim, os alunos foram acrescentando novas informações a seus modelos iniciais, a fim de torná-los mais completos e com maior poder de explicação. Dessa forma, pode-se inferir que esses conceitos apresentaram indícios de aprendizagem significativa, pois, conforme aponta AUSUBEL et al. (1980), esta ocorre, quando o aluno consegue relacionar informações novas, de forma não arbitrária e substantiva, a um conjunto de informações já existentes na sua estrutura cognitiva.

O desempenho constante também foi verificado em todos os conceitos. De modo geral, a maioria (82,1%) estava relacionada ao “Ruim”, o que evidencia que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais. Uma parcela de 14,3% estava relacionada ao desempenho “Bom” e apenas 3,6% ao “Excelente”. Nestes casos, pode-se inferir que houve indícios de aprendizagem.

A regressão no desempenho foi verificada somente para o conceito Lei de Proust.

De maneira geral, os alunos da turma B3 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1, exceto para os conceitos: produto, balanceamento e estequiometria.

Em relação ao conceito “produto”, uma parcela de 43,5% dos alunos da turma B3 apresentou uma evolução significativa, valor acima dos 8,1% apresentados pela turma A1. Ainda em relação a este conceito, a oscilação foi bem menor na turma B3 (47,8%) se comparada à turma A1 (81,1%). Nesse caso, pode-se inferir que os alunos da turma B3 apresentaram maiores indícios de aprendizagem em relação a esse conceito se comparados aos da turma A1.

Outro conceito que apresentou diferença considerável foi o “balanceamento”. Nesse caso, apenas 26,1% da turma B3 apresentaram uma evolução significativa, ou seja, um valor bem abaixo dos 67,6% da turma A1. Além disso, a turma B3 registrou maior ocorrência de oscilação (65,2%) se comparada à turma A1 (29,7%). O resultado melhor da turma A1 em relação à B3 nesse conceito, pode ser explicado pelo fato de os alunos da turma A1 terem utilizado os modelos moleculares com maior frequência para resolver as questões envolvendo o conceito de balanceamento.

O conceito “estequiometria” também apresentou uma diferença considerável de desempenho em relação à turma A1. Uma parcela de 39,1% dos alunos da turma B3 apresentou uma evolução significativa, enquanto que esse desempenho atingiu 83,3% dos alunos da turma A1. Além disso, constatou-se maior oscilação da turma B3 (39,1%) em relação à turma A1 (10,8%).

Assim como na turma A1, todos os alunos da turma B3 utilizaram os modelos moleculares nas duas primeiras atividades; na terceira 72,2% os utilizaram, (86,2% na turma A1); na quarta 60,9% (67,7% na A1), na quinta 22,2% (48,8%) e na sexta nenhum aluno utilizou os modelos moleculares contra 27,5% na turma A1.

Escola C – Turma C1

A turma C1 era formada por 32 alunos. Destes, 13 alunos (40,6%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Dessa maneira, seus dados foram insuficientes para averiguar a evolução dos modelos mentais durante o ano letivo e, dessa forma, não foram contabilizados na análise da turma C1.

Em relação ao questionário inicial, foi possível constatar que os alunos dessa turma apresentaram um desempenho “Excelente” superior à turma A1 em relação ao conceito transformação (52,2% na turma C1 e 21,4% na turma A1). O mesmo ocorreu para o conceito modelo, no qual 43,5% da turma C1 obtiveram um desempenho “Excelente” enquanto na turma A1 esse valor foi de 10,7%. No entanto, de maneira geral, não houve nenhuma questão que apresentasse discrepância de desempenho em relação à turma A1.

A tabela 4.8 apresenta o desempenho dos alunos da turma C1 nas atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo.

TABELA 4.8 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C1, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	36,8	57,9	0,0	5,3
Reagentes	15,8	73,7	0,0	10,5
Produtos	47,4	52,6	0,0	0,0
Rearranjo	73,7	26,3	0,0	0,0
Lei de Proust	47,4	42,1	0,0	10,5
Lei de Lavoisier	36,8	57,9	0,0	5,3
Balanceamento	94,7	5,3	0,0	0,0
Estequiometria	57,9	42,1	0,0	0,0

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Representação submicroscópica	47,4	52,6	0,0	0,0
Média	50,9	45,6	0,0	3,5

De maneira geral, os alunos da turma C1 apresentaram, em média, maior incidência de desempenho na categoria evolução significativa, com destaque para os conceitos: rearranjo, Lei de Proust, balanceamento e estequiometria. Ressalta-se que os demais conceitos também apresentaram tal desempenho, porém, em menor quantidade. Nessa categoria, constatou-se que os alunos reformularam seus modelos mentais para explicar novas situações ao longo do ano letivo, o que reforça a afirmação de MOREIRA (1997), de que os modelos mentais podem ser revisados e reformulados constantemente, no sentido de explicar e fazer previsões a respeito de um evento. Nesses casos, houve indícios de aprendizagem significativa para estes conceitos, uma vez que os alunos foram incorporando novas informações a seus modelos, e utilizando-as em novas situações ao longo do ano letivo.

Foi possível constatar, também, um elevado percentual da turma C1, em relação ao desempenho oscilação, principalmente em relação aos seguintes conceitos: substância, reagente, produto, Lei de Lavoisier. Assim como na categoria mencionada anteriormente, os demais conceitos também apresentaram oscilação, porém, em menor quantidade. Tal fato evidencia que o conhecimento não foi consolidado na mente do aluno e, dessa forma, conforme aponta AUSUBEL et al. (1980) a aprendizagem provavelmente foi mecânica. Sendo assim, BUSQUETS (1997) já enfatizava que o conhecimento não consolidado pode ser esquecido mais facilmente.

O desempenho constante foi verificado para os conceitos: substância, reagentes, Lei de Proust e Lei de Lavoisier. De maneira geral,

33,3% destes estavam relacionados ao desempenho constante e “Bom” e 66,7% ao “Excelente”. Não houve registro de regressão no desempenho para a turma C1.

De maneira geral, os alunos da turma C1 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1, exceto para o conceito “reagente” e “produto”. No caso do primeiro, uma parcela de 15,8% dos alunos apresentou uma evolução significativa, enquanto esse valor atingiu 62,2% na turma A1. Além disso, constatou-se maior oscilação no desempenho dos alunos da turma C1 (73,7%) se comparado à turma A1 (35,1%).

Para o conceito “produto” constatou-se que 47,4% dos alunos da turma C1 apresentaram evolução significativa, um valor bem acima dos 8,1% da turma A1. Aliado a isso, os alunos da turma C1 apresentaram menor oscilação de desempenho (52,6%), se comparados aos da turma A1 (81,1%).

De maneira semelhante à turma A1, todos os alunos da turma C1 utilizaram os modelos moleculares nas duas primeiras atividades. Na terceira, 85,7% os utilizaram (86,2% na turma A1), na quarta, 37,5% (67,7%), na quinta, 5,9% (48,8%) e na sexta 6,3% (27,5% na turma A1). Nesse caso, pode-se constatar que a turma A1 utilizou por mais vezes os modelos moleculares. Levando-se em consideração que essa turma apresentou melhores resultados, pode-se inferir que os modelos moleculares foram eficazes para a elaboração de modelos mentais em relação a diversos conceitos.

Escola C - Turma C2

A turma C2 era formada por 30 alunos. Destes, 10 alunos (33,3%) participaram de, no máximo, duas atividades durante a aplicação do projeto. Sendo assim, seus dados foram insuficientes para analisar a evolução dos modelos mentais durante o ano letivo e, dessa forma, não foram contabilizados na análise da turma C2.

Em relação ao questionário inicial, constatou-se que os alunos da turma C2 obtiveram resultados semelhantes aos da turma A1, inclusive apresentando dificuldades nas mesmas questões (processo de transgênese – Q5; modelo do sistema solar – Q11 e a representação do cachimbo – Q12).

O desempenho da turma C2 durante o ano letivo está resumido na tabela 4.9.

TABELA 4.9 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C2, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	50,0	50,0	0,0	0,0
Reagentes	45,0	50,0	0,0	5,0
Produtos	35,0	65,0	0,0	0,0
Rearranjo	60,0	40,0	0,0	0,0
Lei de Proust	70,0	30,0	0,0	0,0
Lei de Lavoisier	55,0	45,0	0,0	0,0
Balanceamento	35,0	65,0	0,0	0,0
Estequiometria	65,0	35,0	0,0	0,0
Representação submicroscópica	55,0	40,0	0,0	5,0
Média	52,2	46,7	0,0	1,1

Por meio da tabela 4.9, constatou-se que a turma C2 apresentou, em média, maior porcentagem de desempenho na categoria evolução significativa, com destaque para os conceitos substância, rearranjo, Lei de Proust, estequiometria e o tópico representação submicroscópica. Os demais conceitos também mostraram tal desempenho, porém, em menor quantidade. Em todos os casos, foi possível perceber a existência de modelos mentais elaborados para a explicação dos eventos, o que corrobora a afirmação de BORGES (1999) de que

a aprendizagem implica a construção de modelos mentais mais produtivos para pensar e falar sobre um sistema.

Em relação ao desempenho oscilação, esse foi verificado em todos os conceitos, porém, em maior número para: reagentes, produtos e balanceamento. Tal constatação corrobora a colocação de SILVA JUNIOR (2011) ao afirmar que as ideias prévias dos alunos podem conviver com aquelas já aceitas cientificamente, independente do nível de escolaridade.

O desempenho constante foi verificado apenas para o conceito reagente e o tópico representação submicroscópica. Nesse caso, os alunos tiveram um desempenho constante e “Excelente” ao longo do ano letivo. Nesse caso, pode-se inferir que houve indícios de aprendizagem para esses conceitos.

Não houve registro de regressão no desempenho para os alunos da turma C2.

Em relação à turma A1, o único conceito que apresentou uma diferença considerável de desempenho foi o balanceamento. Enquanto na turma A1, 67,6% dos alunos apresentaram uma evolução significativa, uma parcela de 35,0% apresentou esse mesmo desempenho na turma C2. Também foi possível constatar maior oscilação na turma C2 (65,0%) se comparado à turma A1 (29,7%). Tal resultado pode ser justificado pelo fato de os alunos da turma A1 utilizarem os modelos moleculares para o balanceamento das reações químicas, diferentemente dos alunos da turma C2, que os utilizavam, principalmente, para representar as moléculas de uma reação química. Assim como justificado anteriormente, o fato de a turma A1 ter utilizado mais os modelos moleculares nas questões envolvendo o balanceamento, pode ter contribuído para esse melhor resultado.

Assim como na turma A1, todos os alunos da turma C2 utilizaram os modelos moleculares nas duas primeiras atividades. Na terceira, 80% utilizaram (86,2% na turma A1), na quarta, 64,7% (67,7% na A1), na quinta,

10,0% (48,8% na turma A1) e nenhum aluno fez uso deles na sexta atividade (27,5% na turma A1).

Escola C – Turma C3

A turma C3 era formada por 38 alunos. Destes, 19 alunos (50,0%) participaram de, no máximo, duas atividades durante o ano letivo. Sendo assim, seus dados foram insuficientes para analisar a evolução dos modelos mentais durante o ano letivo e, por isso, não foram contabilizados na análise da turma.

Em relação ao questionário inicial, constatou-se que os alunos da turma C3 apresentaram resultados semelhantes aos da turma A1, tendo, inclusive, dificuldades nas mesmas questões (processo de transgênese – Q5; modelo do sistema solar – Q11 e a representação do cachimbo – Q12). Não houve nenhuma questão com diferença considerável de desempenho em relação à turma A1. A tabela 4.10 apresenta o desempenho dos alunos da turma C3, ao longo do ano letivo, nos diferentes conceitos propostos.

TABELA 4.10 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos da turma C3, nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	47,4	47,4	0,0	5,3
Reagentes	42,1	52,6	0,0	5,3
Produtos	31,6	52,6	0,0	15,8
Rearranjo	52,6	36,8	5,3	5,3
Lei de Proust	47,4	31,6	0,0	21,1
Lei de Lavoisier	63,2	31,6	0,0	5,3
Balanceamento	73,7	15,8	0,0	10,5
Estequiometria	63,2	31,6	0,0	5,3

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Representação submicroscópica	52,6	31,6	0,0	15,8
Média	52,6	36,8	0,6	9,9

Foi possível constatar pela tabela 4.10, que a turma C3 apresentou, em média, maior porcentagem de desempenho para a categoria evolução significativa, com destaque para os conceitos: substância, rearranjo, Lei de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e o tópico representação submicroscópica. Os demais conceitos também apresentaram evolução significativa, porém em menor número, se comparado à outra categoria. Nesse caso, constatou-se a presença de modelos mentais mais elaborados, o que corrobora a posição de BORGES (1999) ao afirmar que os modelos iniciais podem ser refinados com o tempo dependendo do interesse e do envolvimento dos alunos.

Em relação ao desempenho oscilação, este foi verificado em todos os conceitos, com destaque para: reagente e produto. Assim como discutido anteriormente para as demais turmas e conceitos, a noção de perfil conceitual de MORTIMER (1995) pode justificar esse desempenho, uma vez que essa noção permite entender a evolução das ideias dos alunos em sala de aula, não como uma substituição de ideias alternativas por aquelas aceitas cientificamente, mas como uma evolução de um perfil de concepções.

O desempenho constante foi verificado em todos os conceitos. De maneira geral, 5,9% apresentou desempenho “Ruim”, o que evidencia que os modelos moleculares não contribuíram para a evolução dos modelos mentais desses alunos, enquanto 11,8% apresentaram um desempenho constante e “Bom” e 82,4% um desempenho “Excelente”, ao longo do ano letivo.

Em relação à turma A1, não foi possível constatar uma diferença considerável de desempenho para os conceitos químicos propostos.

Assim como na turma A1, todos os alunos da turma C3 utilizaram os modelos moleculares nas duas primeiras atividades. Na terceira, esse valor atingiu 76,5% (86,2% na turma A1), na quarta 22,2% (67,7% na turma A1), na quinta 22,2% (48,8% na A1) e na última atividade 12,5% (27,5% na turma A1).

4.3. Desempenho geral dos alunos das três escolas ao longo do ano letivo

A tabela 4.11 apresenta a média de desempenho de cada turma em cada categoria de análise proposta.

TABELA 4.11 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos de todas as turmas envolvidas no projeto.

Desempenho Turma	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
A1	55,6	37,8	0,3	6,3
A2	40,9	51,6	0,0	7,5
A3	42,5	43,0	0,27	14,2
A4	48,1	38,0	0,0	13,9
B1	51,9	45,5	0,0	2,6
B2	38,7	58,2	1,8	1,3
B3	38,6	47,3	0,5	13,5
C1	50,9	45,6	0,0	3,5
C2	52,2	46,7	0,0	1,1
C3	52,6	36,8	0,6	9,9
Média	47,2	45,1	0,3	7,4

De maneira geral, prevaleceu o desempenho evolução significativa (47,2%) seguida pela oscilação (45,1%), constante (7,4%) e regressão com apenas 0,3% dos alunos. Conforme evidenciado no questionário inicial, a compreensão do conceito modelo contribuiu diretamente para o desempenho dos alunos durante o ano letivo, pois, conforme apontam GILBERT e BOULTER (1998), a aprendizagem em Ciências envolve, necessariamente, a utilização e compreensão de modelos.

As turmas que apresentaram maior incidência de evolução significativa foram A1, A4, B1, C1, C2 e C3. Diante disso, pode-se inferir que tais turmas apresentaram maiores indícios de aprendizagem. É importante ressaltar que nas demais, mesmo apresentando maior média de oscilação, foi possível constatar valores expressivos de evolução significativa.

Entre as turmas que apresentaram maior incidência de evolução significativa, pode-se constatar que três delas foram as que mais utilizaram os modelos moleculares ao longo do ano letivo (A1, A4 e B1) e as outras três (C1, C2 e C3) as que menos utilizaram esse recurso. No entanto, com estas turmas, a professora P5 utilizava frequentemente esse material em outras aulas, o que pode ter contribuído para maior independência em relação à sua utilização, assim como na aprendizagem dos alunos. Diante disso, pode-se inferir que os modelos moleculares exerceram um papel fundamental na construção dos modelos mentais dos alunos sobre os diferentes conceitos químicos analisados ao longo do ano letivo.

É importante salientar que, em geral, os alunos de todas as turmas apresentaram modelos mentais simples no começo do ano. No entanto, por meio do conhecimento adquirido pelas atividades com os modelos moleculares e nas aulas, os alunos foram compreendendo gradativamente os diferentes conceitos, os quais serviram como ponto de partida para a elaboração de modelos mentais mais elaborados. Tal constatação corrobora o trabalho de GRECA e MOREIRA (2002) ao afirmarem que os modelos mentais dos alunos

são determinados pelos conhecimentos gerais que possuem e pela compreensão de conceitos fundamentais que funcionariam como núcleos dos modelos mentais.

A oscilação foi predominante nas turmas A2, A3, B2 e B3. Assim como no caso anterior, constatou-se que essas turmas não utilizaram os modelos moleculares com frequência considerável até o final do ano. Durante a aplicação das atividades, foi possível perceber que alguns alunos insistiam em não utilizar tal recurso porque “demorava” para montar, desmontar e guardar as bolinhas. Novamente, parece que a utilização dos modelos moleculares está diretamente relacionada ao desempenho dos alunos ao longo do ano letivo.

O desempenho constante foi verificado em todas as turmas, com destaque para A3, A4 e B3. Cabe mencionar que os professores dessas turmas também utilizavam os modelos moleculares com frequência em outros momentos.

Embora em pequeno número, a presença de regressão no desempenho foi verificada em cinco turmas: A1, A3, B2, B3 e C3.

4.4. Considerações sobre os conceitos químicos analisados

Este tópico apresenta uma discussão geral sobre a variação no desempenho dos alunos em relação aos diferentes conceitos avaliados ao longo do ano letivo.

Esses dados foram resumidos na tabela 4.12. Nela, constam os valores mínimo e máximo de desempenho em cada conceito químico.

TABELA 4.12 – Porcentagem mínima e máxima do desempenho verificado para os conceitos químicos analisados ao longo do ano letivo.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)		Oscilação (%)		Regressão (%)		Constante (%)	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Substância	36,8	66,7	33,3	60,7	0,0	4,0	0,0	7,5
Reagentes	15,8	62,2	33,3	75,0	0,0	4,0	0,0	35,0
Produtos	8,1	57,1	42,9	81,1	0,0	2,7	0,0	15,8
Rearranjo	40,0	73,3	26,1	52,4	0,0	5,3	0,0	25,0
Lei de Proust	4,8	47,5	30,0	85,7	0,0	43,0	0,0	21,7
Lei de Lavoisier	32,0	83,3	8,3	68,0	0,0	0,0	0,0	8,7
Balanceamento	16,0	94,7	5,3	80,0	0,0	4,0	0,0	15,8
Estequiometria	33,3	83,8	10,8	60,0	0,0	0,0	0,0	25,0
Representação submicroscópica	32,5	59,5	8,3	52,6	0,0	0,0	0,0	24,3

De acordo com a tabela 4.12, pode-se constatar que, em relação à categoria evolução significativa, o tópico representação submicroscópica apresentou a menor diferença de desempenho entre as diferentes turmas, seguido pelos conceitos substância e rearranjo. Nesse caso, parece que os modelos moleculares contribuíram de maneira mais eficiente para a compreensão desses conceitos. Em contrapartida, os conceitos que apresentaram maior diferença foram balanceamento, Lei de Lavoisier e estequiometria. Nessa situação, constatou-se que para tais conceitos, os modelos moleculares não contribuíram de maneira uniforme para a sua compreensão.

No tocante à categoria oscilação, a menor diferença de desempenho entre as turmas se deu para os conceitos substância e rearranjo, enquanto a maior

oscilação estava relacionada aos conceitos balanceamento, Lei de Proust e Lei de Lavoisier.

Em relação à regressão, a menor diferença de desempenho entre as turmas se deu pelos conceitos Lei de Lavoisier, estequiometria e representação submicroscópica, enquanto a maior diferença estava relacionada ao conceito Lei de Proust.

Em relação ao desempenho constante, a menor diferença de desempenho entre as turmas se deu pelos conceitos substância e Lei de Lavoisier, enquanto a maior diferença estava relacionada ao reagente.

A seguir será apresentada a avaliação dos alunos e professores participantes do projeto desenvolvido ao longo do ano letivo.

4.5. Avaliação do projeto pelos alunos

O projeto desenvolvido ao longo do ano letivo foi bem aceito pelos alunos nas três escolas. Na escola A, 96,9% dos alunos disseram ter gostado do projeto, enquanto na escola B esse índice atingiu 96,1% e na escola C 98,2%.

Por meio do questionário final de avaliação, foi possível listar os motivos pelos quais os alunos gostaram de ter participado do projeto, conforme visualizado na tabela 4.13.

TABELA 4.13 - Motivos apontados pelos alunos por ter gostado do projeto.

Motivos por ter gostado do projeto	Porcentagem		
	Escola A	Escola B	Escola C
Comecei a gostar mais de Química	46,4	45,1	27,3
Apreendi melhor a matéria	69,1	52,9	60,0
Tornou a aula mais atrativa	73,2	60,8	54,5
Comecei a participar mais das aulas	40,2	27,5	36,4
A aula passava mais rápido	21,6	17,6	32,7

De acordo com os alunos, a utilização dos modelos moleculares contribuiu em vários aspectos, principalmente para tornar a aula mais atrativa e facilitar a aprendizagem da matéria, conforme relato escrito dos alunos:

As aulas de Química ficaram mais atrativas, diversificadas (...) Aliás, se não tivéssemos participado dessas aulas não teria aprendido tudo o que aprendi ao longo do ano (Aluna 01 – Escola A, Turma A4).

Matéria ficou mais fácil, aula mais divertida e participação de todos na sala de aula (Aluna 15 – Escola B, Turma B2).

Ajudou a compreender a matéria, e criava interesse para os alunos (Aluna 36 – Escola C, Turma C3).

A química pareceu mais fácil com o projeto (Aluno 18 – Escola C, turma C3).

Esses depoimentos reforçam a afirmação de BARAB et al. (2000) de que o ensino por meio da utilização de modelos promove um aprendizado participativo, com situações que promovem a participação dos alunos, na busca por significados e representações.

Outros pontos foram mencionados pelos alunos como contribuição do projeto: maior envolvimento dos alunos durante as atividades e o gosto pela Química, conforme relatos escritos a seguir:

Ajudou muito no aprendizado dos alunos, alguns alunos começaram a participar mais das aulas (Aluna 20 – Escola C, Turma C2).

O maior interesse dos alunos, até mesmo daqueles que costumam não fazer nada (Aluna 03 – Escola C, Turma C1).

Aprendemos melhor a matéria, a participação dos alunos rendeu mais, tornou a aula mais atrativa, enfim, adquirimos (sic) muito mais conhecimento (Aluna 22 – Escola A, Turma A3).

Pois foi com eles que comecei a aprender e gostar de química (Aluna 18 – Escola A, turma A2).

Vou confessar que no começo do projeto eu não gostava muito não, mas ao longo das aulas mudei completamente o meu pensamento, comecei a gostar mais dessa tal de Química... A aula se tornava mais atrativa, não ficava aquela aula chata, parada. Evolui bastante. Eu acho né (Aluna 01 – Escola A, turma A4)

Os alunos apontaram ainda a importância do projeto para a aprendizagem e a sua contribuição em outros aspectos, tais como um melhor aproveitamento em tarefas e provas.

O projeto ajudou muito, fez a gente compreender melhor e querer aprender sempre mais (Aluna 21 – Escola A, turma A3).

Melhora na hora de você saber fazer a lição (Aluna 09 – Escola B, Turma B3).

Para facilitar na hora de fazer a prova, as amostras de como se monta formulas e outros. Foi bom também aprender a utilizar a balança e aprendo a fazer balanciamento (sic) (Aluna 26 – Escola B, turma B1).

Minhas notas está (sic) cada vez mais altas (Aluna 24 – Escola A, turma A1).

Por meio do questionário final, foi possível constatar que a maioria dos alunos gostaria que o projeto continuasse nos próximos anos. Na escola A, 99,0% manifestaram esse desejo, enquanto na escola B 88,2% e na escola C 90,9% dos alunos. Os trechos a seguir expressam a opinião dos alunos em relação à continuidade do projeto:

Porque com os modelos moleculares eu consegui me desenvolver bem melhor nas aulas de Química, isso ajuda o aluno a compreender e solucionar os problemas com mais facilidade. Espero que nos próximos anos mais alunos consigam compreender a química com essa grande ajuda dos modelos (Aluna 14 – Escola A, turma A3).

Foi o melhor ano pra mim e as aulas de Química não ficou (sic) tão chata como foi o ano passado (Aluna 13 – Escola C, turma C3).

Gostei de ter essas aulas que utilizou (sic) o modelo, eu gostaria que continuasse até o último ano na escola (Aluna 29 – Escola A, turma A3).

Outro ponto bastante mencionado pelos alunos se refere à importância da prática no processo de aprendizagem. Para eles, a aprendizagem é maior quando o professor realiza alguma atividade prática.

É muito mais prático, você não estará apenas pensando nas moléculas e sim vendo e as representando (Aluno 20 – Escola C, Turma C1).

Se tivéssemos aulas práticas sempre que possível, o índice de aumento na nota de Química aumentaria muito mais (Aluna 03 – Escola C, Turma C3).

Os alunos que não gostaram de participar do projeto, 3,1% na escola A, 3,9% na B e 1,8% na C apontaram os seguintes motivos:

TABELA 4.14 - Motivos apontados pelos alunos por não ter gostado do projeto.

Motivos por não ter gostado do projeto	Porcentagem		
	Escola A	Escola B	Escola C
Não gosto de atividades diferentes em sala	0,0	0,0	0,0
Perdia várias aulas para o desenvolvimento da atividade	2,1	0,0	1,8
Não compreendia o que era para ser feito	1,0	2,0	1,8
Não gosto de participar da aula	1,0	0,0	0,0
Não tenho interesse em aprender Química	0,0	0,0	0,0

Os alunos que não gostaram de participar das atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo apontaram como maior motivo o fato de não compreenderem o que era para ser realizado. No entanto, pôde-se constatar que, nestes casos, as dificuldades estavam relacionadas ao número elevado de faltas desses alunos, o que prejudicou a compreensão das atividades.

Alguns pontos negativos apontados pelos alunos foram:

Poucas aulas (Aluno 13 – Escola A, Turma A2).

Perde muito tempo da aula (Aluno 24 – Escola B, Turma B2).

Porque irrita e enjoou (Aluna 21 – Escola B, Turma B2).

De maneira geral, os alunos apontaram a grande contribuição dos modelos moleculares para a aprendizagem, conforme listado na tabela 4.15:

TABELA 4.15 - Contribuição dos modelos moleculares na aprendizagem dos alunos ao longo do ano letivo de 2011.

A utilização dos modelos moleculares durante as aulas de Química contribuiu para a sua aprendizagem?	Porcentagem		
	Escola A	Escola B	Escola C
Não contribuiu	0,0	0,0	0,0
Contribuiu pouco	6,2	9,8	7,3
Contribuiu razoavelmente	30,9	31,4	30,9
Contribuiu muito	62,9	58,8	61,8

Para a maioria dos alunos, a utilização dos modelos moleculares contribuiu muito para a aprendizagem. Para uma parcela considerável, esse recurso contribuiu razoavelmente e para uma pequena parcela dos alunos os modelos moleculares contribuíram pouco. Os depoimentos retirados das entrevistas e das filmagens reforçam a opinião dos alunos:

É, foi bem mais fácil com o projeto, foi melhor para aprender, contribuiu bastante (Entrevista 06 – Aluno 04 – Escola B – Turma B1).

Bom, da primeira atividade até a última eu evolui bastante. Com o uso dos modelos ficou mais fácil a gente poder entender a matéria e ver que Química não é um bicho de sete cabeças, é uma coisa fácil se a gente prestar atenção. (Entrevista 06 – Aluno 18 – Escola A – Turma A2).

Os alunos apontaram ainda a importância das atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo para a aprendizagem, resumidas na tabela 4.16.

TABELA 4.16 - Contribuição das atividades para a aprendizagem dos alunos ao longo do ano letivo de 2011.

Na ausência das atividades desenvolvidas ao longo do ano, você acha que:	Porcentagem		
	Escola A	Escola B	Escola C
Não teria aprendido tudo o que aprendi	43,3	41,2	34,5
Teria muito mais dificuldade para aprender	56,7	56,9	65,5
Aprenderia da mesma maneira, pois as atividades não contribuíram em nada.	00	2,0	0,0

Para a maioria dos alunos, eles teriam dificuldades para aprender a matéria na ausência dos modelos moleculares. Grande parte apontou, ainda, que eles não teriam aprendido tudo o que aprenderam sem a utilização desse recurso durante as aulas de Química.

Apenas 2,0% dos alunos da escola B mencionaram que tais atividades não contribuíram em nada para a aprendizagem e, dessa forma, aprenderiam o conteúdo da mesma maneira. Os trechos a seguir foram retirados das entrevistas e filmagens e reforçam a opinião dos alunos:

O modelo me ajudou a desenvolver bem na aula de Química, com eles eu aprendi bem mais as reações e os átomos, entendi muito (Entrevista 06 – Aluno 03 – Escola A – Turma A3).

Bom, foi importante porque que nem no começo do ano eu não entendi muito química aí depois que começou a ter esse projeto eu comecei a compreender mais, tive mais desenvolvimento nas atividades (Entrevista 06 – Aluno 14 – Escola A – Turma A3).

Ah, eu não gostava muito de química, não sabia nada de química e aí foi chegando essas questões e eu fui desenvolvendo mais, aí veio esse negócio de bolinhas que começou a me ajudar mais pra fazer aí eu comecei a tirar nota boa de química e isso tudo me ajudou muito (Entrevista 06 – Aluno 14 – Escola B – Turma B3).

Eu gostei das atividades porque quando não tinha as atividades a gente tinha mais dificuldade, quando o professor trouxe as folhas pra gente responder com os modelinhos a gente teve mais facilidade de responder, então as aulas foram mais legais e mais fácil de aprender (Entrevista 06 – Aluno 22 – Escola B – Turma B2).

Em relação ao nível de dificuldade das questões apresentadas nas atividades durante o ano letivo, a maioria apontou que foram difíceis no começo mas com o passar do ano ficaram mais fáceis. Grande parcela dos alunos mencionou a existência de atividades difíceis e fáceis, enquanto pequena parte dos alunos apontou para a presença de atividades fáceis durante o ano letivo, conforme resumidas na tabela 4.17.

TABELA 4.17 – Níveis de dificuldade das atividades propostas ao longo do ano letivo de 2011 na visão dos alunos.

As atividades propostas utilizando os modelos moleculares foram:	Porcentagem		
	Escola A	Escola B	Escola C
Difíceis no começo e com o passar do ano ficaram mais fáceis	47,4	51,0	63,6
Todas fáceis	16,5	0,0	16,4
Todas difíceis	0,0	2,0	0,0
Umas difíceis e outras fáceis	36,1	47,1	20,0

Por se tratar de um material didático desconhecido, os alunos sentiram muitas dificuldades no começo do ano letivo. No entanto, com o continuar das atividades, foram adquirindo habilidade para sua manipulação e uma gradativa independência em relação à sua utilização, conforme aponta MIGLIATO (2005). Os depoimentos a seguir reforçam essa afirmação:

Já me acostumei a pensar nas moléculas sem precisar dos modelos (Aluna 03 – Escola C, Turma C1).

No começo eu não conseguia fazer nada sem o modelo, mas depois fui pegando o jeito e tudo ficou fácil, hoje nem uso mais o modelo das bolinhas (Aluno 17 – Escola C, Turma C2).

No caso das citações apresentadas, tanto a aluna 03 (turma C1) quanto o aluno 17 (turma C2) apresentaram resultados satisfatórios mesmo na ausência dos modelos moleculares. Esses dados corroboram a afirmação de MIGLIATO (2005) de que os alunos se tornam independentes dos modelos moleculares com o passar do tempo. Assim, esse recurso auxiliou no processo de construção de modelos mentais mais completos e com maior poder de predição e explicação, dispensando dessa forma, a utilização desse recurso em outros momentos.

A independência em relação aos modelos moleculares foi verificada, gradativamente, em todas as turmas. Na última atividade, por exemplo, 72,4% dos alunos da turma A1 não utilizaram esse recurso, enquanto que 86,4% na turma A2, 78,8% na A3, 66,7% na A4, 81,3% na B1, 100% nas turmas B2, B3 e C2, 93,8% na C1 e 97,5% na C3.

A seguir serão apresentados os resultados da avaliação deste projeto de pesquisa feita pelos professores.

4.6. Avaliação do projeto pelos professores

Este projeto contou com a participação de seis professores de Química e foi bem aceito por eles, que consideraram a principal contribuição ter sido a possibilidade de manipulação dos modelos moleculares diretamente pelos alunos, conforme mencionado nos depoimentos:

A principal contribuição foi os alunos terem contato com aulas práticas, o que os motivaram e o aprendizado tornou significativo para eles (Professora P2).

Os modelos moleculares dão ao aluno a chance de poder “manipular” os átomos e as ligações, com uma visualização melhor do que acontece no concreto, facilitando a aprendizagem do conteúdo (Professor P3).

Trazer para o palpável o que muito foi explicado apenas por teoria oral, por figuras e desenhos (Professor P1).

Em relação às condições de aplicação do projeto de pesquisa (tempo gasto para as atividades, comportamento dos alunos e a aprendizagem), os professores mencionaram que o tempo foi adequado e que as atividades contribuíram satisfatoriamente para a aprendizagem dos alunos, conforme depoimentos a seguir:

Foi uma experiência ótima, o tempo envolvendo nas atividades foi adequado, os alunos tiveram que aprender a se comportar durante o desenvolvimento das atividades e respeitar o material utilizado, colaborando com a divisão quanto não tinha material suficiente para todos. Eles também aprenderam a importância de se concentrar e prestar atenção (Professora P2).

No início achei talvez um pouco lento, mas com o passar do ano, observei que o ganho, a aprendizagem, dos alunos foi maior. Sei que se aprende por repetição, e isto realmente foi observado por parte dos

alunos. Houve uma boa participação por parte dos alunos, de modo geral (Professora P4).

Entendo que o tempo utilizado para a aplicação dos modelos moleculares é compensado por uma melhor compreensão dos conceitos, se comparado com a aula teórica. O comportamento dos alunos melhorou durante a utilização destes modelos, pois torna a aula mais interessante e agradável, levando a uma aprendizagem mais efetiva (Professor P3).

Ao serem questionados se os alunos aprenderiam os conteúdos de Química da mesma maneira, sem a utilização dos modelos moleculares, os professores concluíram que:

Não, e é fácil comprovar esse fato comparando os alunos que participaram deste projeto com os alunos da mesma série de outra escola onde trabalho (Professora P5).

Não, os modelos contribuíram muito para tornar as aulas de químicas mais atrativas, fez o conteúdo abordado ser realmente aprendido por boa parte dos alunos (Professora P2).

De forma alguma, o ideal seria que as escolas tivessem modelos moleculares para todos os alunos para uma aula prática (Professora P4).

Em relação à avaliação da aprendizagem dos alunos, os professores apontaram que:

Comparando com os anos anteriores, os alunos que participaram do projeto saíram com um grau de assimilação de conteúdo maior, o que levou a facilitar a discussão e questionamento durante as atividades em sala de aula (Professor P3).

Comparando com alunos de anos anteriores a aprendizagem foi mais rápida e eficaz (Professora P5).

É um pouco difícil avaliar, pois são turmas diferentes e eu trabalhei em escolas diferentes, mas com um pouco de experiência que tenho com as aulas de química, foi possível perceber que alunos com vontade de aprender e comprometimento com os estudos souberam muito bem aproveitar e provavelmente não esqueceram o que realmente foi aprendido (Professora P2).

Ao serem questionados se o projeto influenciou de alguma forma na prática pedagógica, os professores concordaram, expondo que:

Sim, despertou em mim também a vontade de aprender cada vez mais e utilizar atividades diversificadas nas minhas aulas (Professora P2).

A maioria dos alunos consegue balancear as reações químicas, aprenderam sobre a lei de conservação de massa. Com isto os exercícios relacionados ao assunto fluem melhor em sala de aula (Professora P4).

A aula passa a ser mais de questionamentos em cima do que estão manipulando, do que simplesmente uma aula expositiva teórica, levando o aluno a responder com uma base mais concreta, o que lhe dá mais firmeza nas respostas (Professor P3).

Os professores também apontaram para mudanças em relação ao comportamento e à motivação dos alunos ao longo do ano letivo, conforme trechos a seguir:

Até mesmo aqueles que falavam “eu odeio matemática, física e química” participaram das atividades e tiveram um bom desempenho (Professora P2).

Eles esperavam ansiosamente a volta da aplicação do projeto (Professor P1).

No início, houve certa relutância por parte de alguns alunos em manipular o material, mas que foi diminuindo com o transcorrer do projeto. O comportamento disciplinar melhora durante a aplicação do projeto (Professor P3).

Mesmo sendo adolescentes, a parte lúdica da atividade despertou interesse, e a atividade passou a ter sentido, ou seja, ficaram mais motivados (Professora P4).

E, como consequência de maior participação e envolvimento dos alunos durante as aulas, os professores salientaram que pretendem continuar trabalhando com os modelos moleculares nos próximos anos e em outras séries.

É importante ressaltar que, no início do ano letivo, cada professor envolvido no projeto recebeu de presente um kit do modelo molecular Atomlig[®].

Dessa forma, estes poderiam utilizar esse recurso em outros momentos, e não apenas no desenvolvimento daquelas atividades.

4.7. Minicurso

O minicurso consistiu na segunda etapa da coleta de dados. Foram convidados todos os alunos da 1ª série do Ensino Médio, das três escolas públicas que participaram das atividades durante ano letivo de 2011. Esta etapa ocorreu entre os dias 09 e 13 de janeiro de 2012, nas dependências do LENAQ e contou com a participação de 26 alunos, divididos em dois períodos (manhã com 12 e tarde com 14 alunos). Para fins de análise, todos foram colocados em um único grupo e identificados por números compreendidos entre 01 e 26. Tal agrupamento foi possível, porque todos os alunos passaram pelas mesmas atividades ao longo do ano letivo e durante o minicurso.

O minicurso foi estruturado com a temática “Combustíveis” e, durante a sua realização, os alunos participaram de aulas teóricas, debates, atividades experimentais (determinação da porcentagem de álcool presente na gasolina; produção do álcool a partir da garapa; produção do biodiesel a partir do óleo de soja; produção do gás hidrogênio por meio da eletrólise, entre outros), além de atividades escritas envolvendo os conceitos químicos trabalhados ao longo do ano letivo (substância, reagente, produto, rearranjo, Lei de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e o tópico representação submicroscópica). Ressalta-se que os alunos dispunham dos modelos moleculares para auxiliar na resolução das atividades propostas.

Por meio desse minicurso, foi possível verificar como os alunos utilizaram os conhecimentos adquiridos ao longo do ano letivo em novas situações, conforme prevê a teoria da aprendizagem significativa de DAVID AUSUBEL et al. (1980).

4.8. Considerações sobre a coleta de dados no minicurso

Cada atividade envolvendo os modelos moleculares foi precedida por um experimento relacionado à temática combustível. Levando-se em consideração que o tema envolvia moléculas grandes (etanol, biodiesel, glicose, e outros) e que os modelos moleculares apresentam limitações em relação à quantidade de peças, foram fornecidos aos alunos fragmentos de moléculas confeccionados com papel couchê, para que os utilizassem em conjunto com os modelos moleculares para representar as moléculas, conforme visualizado na figura 4.64:

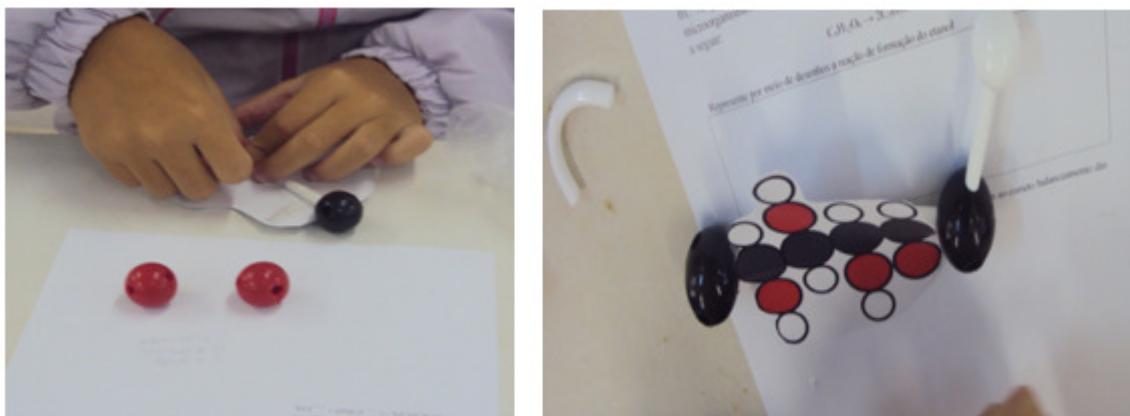


FIGURA 4.64 - Representação da molécula de glicose, durante o minicurso.

É importante ressaltar que a utilização dos modelos moleculares, assim como dos fragmentos das moléculas fornecidas foi facultativa. Dessa forma, os alunos poderiam responder as atividades sem esse recurso ou ainda utilizar os modelos moleculares sem os fragmentos para representar as moléculas, de acordo com a figura 4.65:



FIGURA 4.65 - Representação da molécula do biodiesel, durante o minicurso.

Na figura 4.65, pode-se perceber que a aluna optou por representar a molécula do biodiesel apenas com os modelos moleculares. Diante da limitação em relação à quantidade de peças, nesse caso, a aluna utilizou dois kits do modelo molecular Atomlig[®]. O tópico a seguir apresenta o desempenho dos alunos durante o minicurso.

4.9. Desempenho dos alunos no minicurso

Em relação à categoria “evolução significativa”, os conceitos que apresentaram maior incidência foram: reagentes (42,3%), produtos, rearranjo e a representação submicroscópica (46,2% cada um). Nessa categoria, foram classificados os alunos que apresentaram resultados satisfatórios e crescentes ao longo do minicurso. As figuras 4.66, 4.67 e 4.68 referem-se às primeiras representações da aluna 19 durante o minicurso.

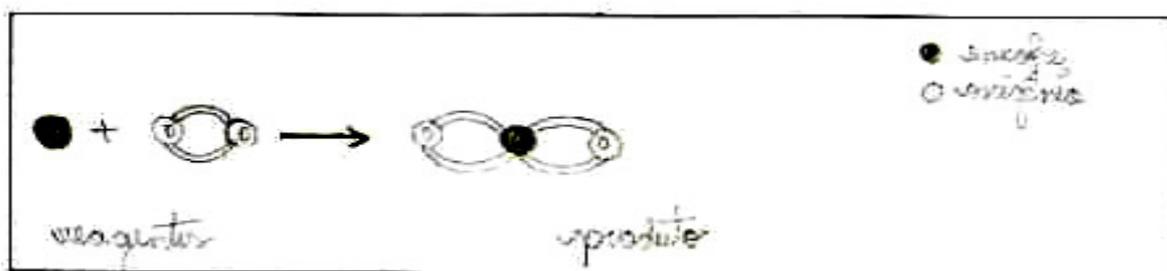


FIGURA 4.66 - Representação da combustão do dióxido de enxofre, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.66, constatou-se que a aluna 19 desenhou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na combustão do enxofre. No entanto, na mesma atividade, não conseguiu representar a reação de formação do ácido sulfúrico, embora tenha descrito a reação química corretamente no nível simbólico, conforme figura 4.67.

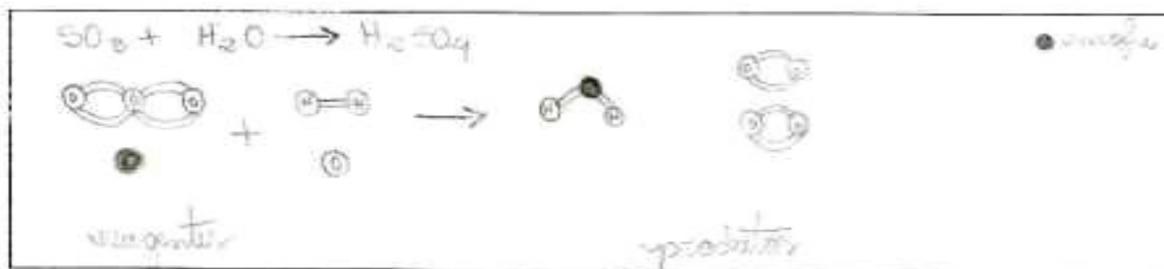


FIGURA 4.67 - Representação da reação química de formação do ácido sulfúrico, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.

Em uma atividade posterior, a aluna 19 representou corretamente a reação química de formação do etanol, conforme visualizado na figura 4.68.

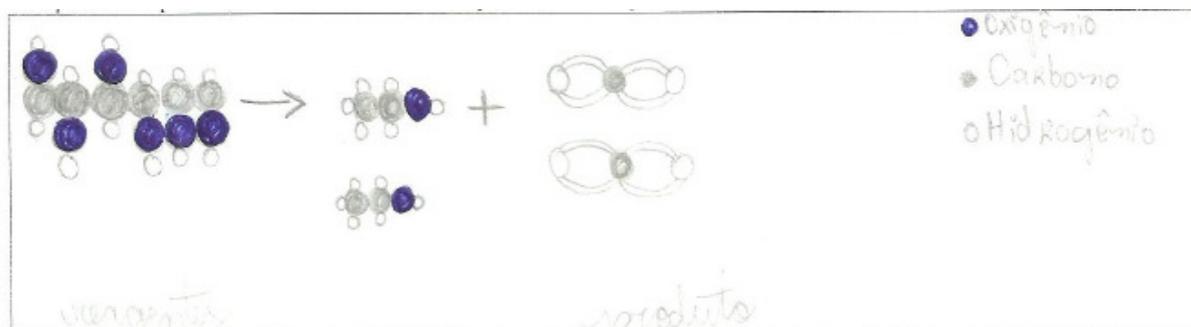


FIGURA 4.68 - Representação da formação do etanol, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.68, constatou-se que a aluna 19 desenhou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na formação do etanol. No entanto, ela não obedeceu à legenda na representação da molécula do gás carbônico, trocando assim o átomo de oxigênio pelo de hidrogênio.

Em uma atividade posterior, a aluna 19 representou corretamente a reação de obtenção do hidrogênio, conforme figura 4.69:

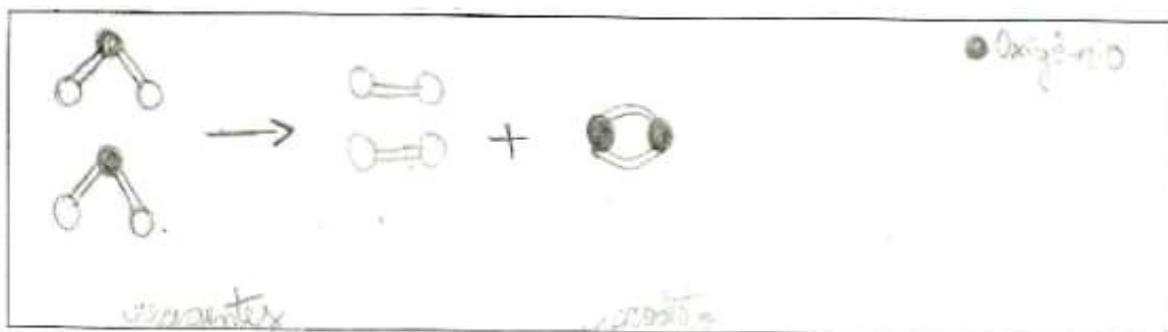


FIGURA 4.69 – Representação da formação dos gases hidrogênio e oxigênio pelo processo de eletrólise da água, realizada pela aluna 19, durante o minicurso.

A aluna 19 representou corretamente todas as espécies químicas presentes na reação de formação do hidrogênio a partir da eletrólise da água, inclusive respeitando a relação estequiométrica entre os átomos envolvidos.

Exceto para o conceito Lei de Proust, no qual não houve nenhum aluno que tivesse apresentado evolução significativa durante o minicurso, os demais conceitos apresentaram valores consideráveis desse desempenho, tais como substância (34,6%), estequiometria (26,9%), Lei de Lavoisier (11,5%) e balanceamento químico (7,7%). Em relação a esses conceitos, foi possível constatar também que os alunos foram integrando novas informações àquelas adquiridas ao longo do ano letivo, no intuito de tornar seus modelos mentais mais completos e com maior poder de explicação e previsão, conforme afirma JOHNSON-LAIRD (1983). Diante disso, pode-se inferir que, provavelmente, a aprendizagem foi significativa.

Somado a isso, outro fator relevante para a aprendizagem deveu-se ao envolvimento dos alunos durante o minicurso. Em se tratando de um curso com participação facultativa e realizado no período de férias, os participantes se mostraram entusiasmados e participaram diretamente de todas as atividades. Tal fato corrobora a afirmação de AUSUBEL et al. (1980) de que uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o aluno manifeste disposição e interesse para a aprendizagem significativa.

A disposição dos alunos para a aprendizagem, verificada durante o minicurso, reforça a afirmação de RAPP (2005) de que o engajamento cognitivo contribui para a construção de modelos mentais pelos alunos.

Em relação ao desempenho “oscilação”, os conceitos que apresentaram maior incidência foram a Lei de Lavoisier (65,4%), Lei de Proust (57,7%) e estequiometria (50,0%). A seguir, será explorado um exemplo dessa categoria. A figura 4.70 ilustra o exercício referente aos conceitos de estequiometria e lei de Proust realizado pela aluna 08.

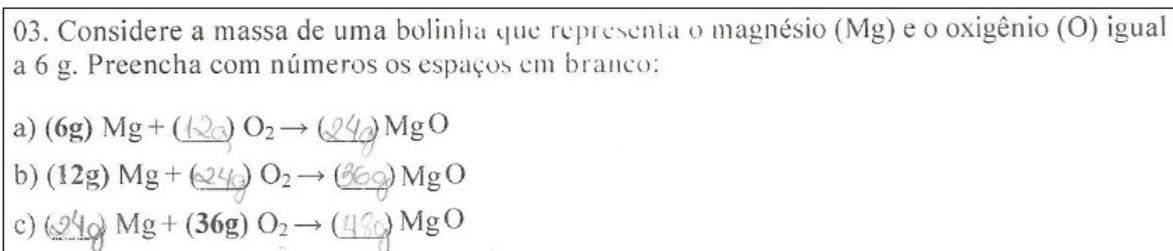


FIGURA 4.70 – Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e Lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.

O exercício representado na figura 4.70 envolvia os conceitos da Lei de Proust e estequiometria. Nele, a aluna 08 respondeu corretamente apenas o item “a”. No entanto, em uma atividade posterior, a mesma aluna apresentou um desempenho melhor, conforme visualizado na figura 4.71:

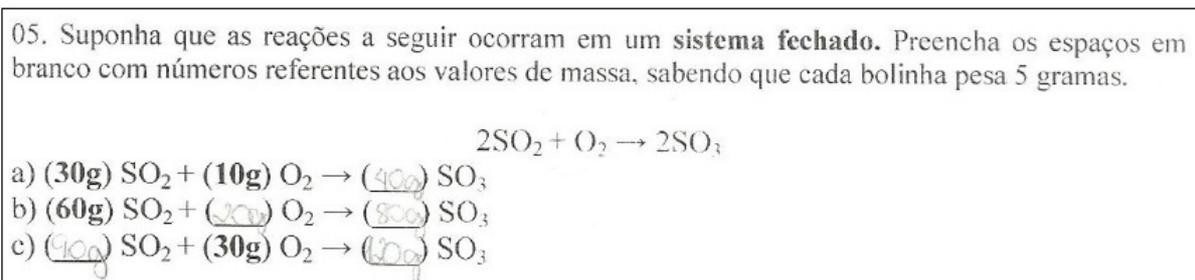


FIGURA 4.71 - Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.71, constatou-se que a aluna 08 respondeu corretamente todos os itens da questão, o que evidencia um desempenho melhor, se comparado à atividade anterior. Entretanto, depois, ela voltou a apresentar um resultado inferior na atividade seguinte, conforme figura 4.72:

05. Suponha que as reações a seguir ocorram em um **sistema fechado**. Preencha os espaços em branco com números referentes aos valores de massa, sabendo que cada bolinha pesa 5 gramas.

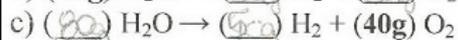
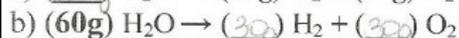
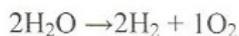


FIGURA 4.72 - Exercício envolvendo os conceitos de estequiometria e Lei de Proust, realizado pela aluna 08, durante o minicurso.

Nesse caso, a aluna 08 respondeu corretamente apenas um item da questão, apresentando, dessa forma, um desempenho inferior, se comparado à atividade anterior. Tal fato evidencia uma oscilação da aluna em relação à aprendizagem desses conteúdos, o que corrobora a afirmação de MORTIMER (1995) de que os alunos podem utilizar diferentes explicações para a mesma situação.

Diante disso, foi possível notar que esses conhecimentos ainda não estão claros para esses alunos, ou seja, necessitam de maior tratamento por parte dos professores. Os demais conceitos também apresentaram valores consideráveis em relação ao desempenho oscilação: balanceamento (42,2%), substância (34,6%), reagentes (23,1%), produtos e rearranjo (15,4% cada) e representação submicroscópica (11,5%).

Na categoria “regressão”, os conceitos de maior incidência foram a Lei de Proust (23,1%) e balanceamento químico (11,5%). A figura 4.73 representa um exercício envolvendo esses conceitos.

02. Complete os espaços em branco com números que representam o correto balanceamento:

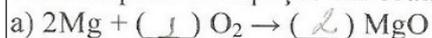


FIGURA 4.73 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.

A aluna 02 respondeu corretamente a questão referente à combustão do magnésio. No entanto, apresentou dificuldades para responder uma questão semelhante em uma atividade posterior, conforme figura 4.74:

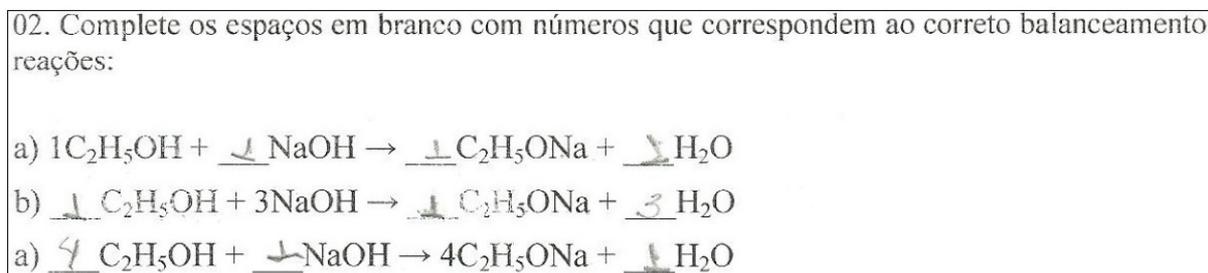


FIGURA 4.74 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.74, constatou-se que a aluna 02 respondeu corretamente apenas o item “a”, o que evidencia um desempenho inferior, se comparado à primeira atividade. Pode-se notar, também, que a aluna 02 apresentou um resultado inferior em atividade posterior, de acordo com a figura 4.75:

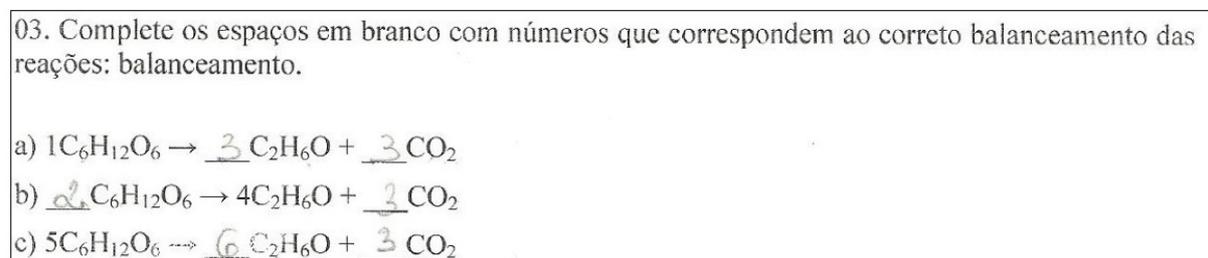


FIGURA 4.75 - Exercício envolvendo os conceitos de Lei de Proust e balanceamento, realizado pela aluna 02, durante o minicurso.

Dessa forma, constatou-se que a aluna 02 respondeu incorretamente os três itens da questão. Levando-se em consideração o seu desempenho nas diferentes atividades, a aluna 02 apresentou uma regressão em relação à aprendizagem dos conceitos Lei de Proust e balanceamento durante o minicurso.

Também foi possível constatar uma pequena regressão para os conceitos Lei de Lavoisier e estequiometria, ambos com incidência de 3,8%.

O desempenho constante apresentou incidência considerável em todos os conceitos químicos, destacando, principalmente, a representação submicroscópica. A figura 4.76 ilustra a representação feita pela aluna 06.

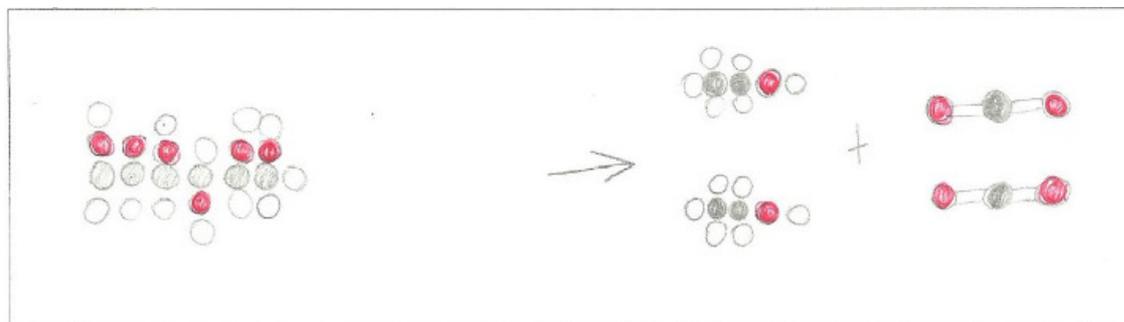


FIGURA 4.76 – Representação da reação de formação do etanol a partir da glicose, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.76, constatou-se que a aluna 06 representou corretamente todas as espécies químicas envolvidas na produção do etanol (a molécula de glicose, etanol e gás carbônico), respeitando, inclusive, a proporção dos átomos dos reagentes e produtos. Esse desempenho também foi observado em atividades posteriores, conforme figura 4.77.

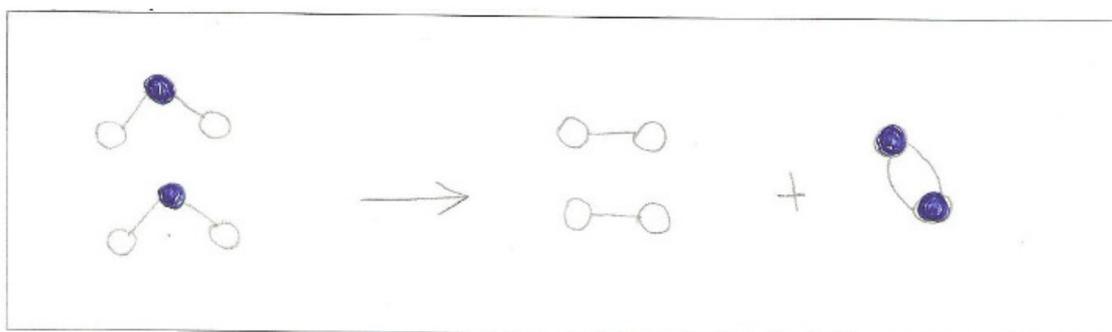


FIGURA 4.77 – Representação da reação de formação do hidrogênio pelo processo de eletrólise da água, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.

Na figura 4.77, a aluna 06 representou corretamente as substâncias envolvidas na eletrólise da água, inclusive respeitando a proporção entre os átomos na reação. Esse desempenho também foi observado em atividades posteriores, conforme figura 4.78.

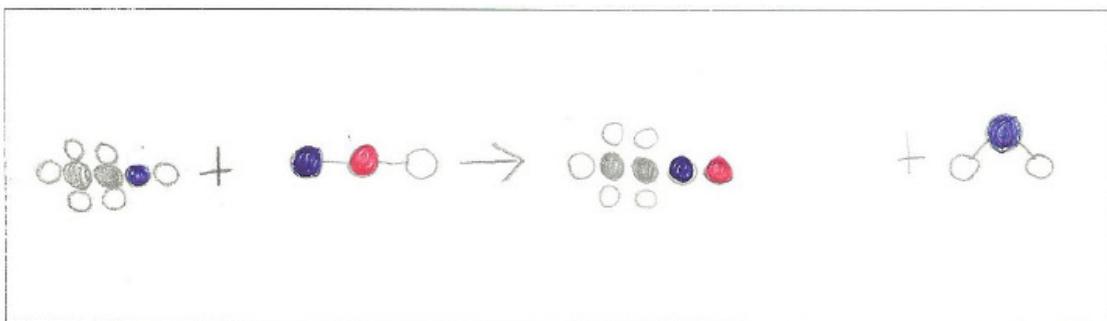


FIGURA 4.78 – Representação da reação de formação do etóxido de sódio, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.

Na figura 4.78, a aluna 06 representou corretamente as espécies químicas envolvidas na reação de formação do etóxido de sódio (etapa intermediária da produção do biodiesel). A mesma aluna manteve o desempenho na representação geral da reação do biodiesel, conforme visualizado na figura 4.79:

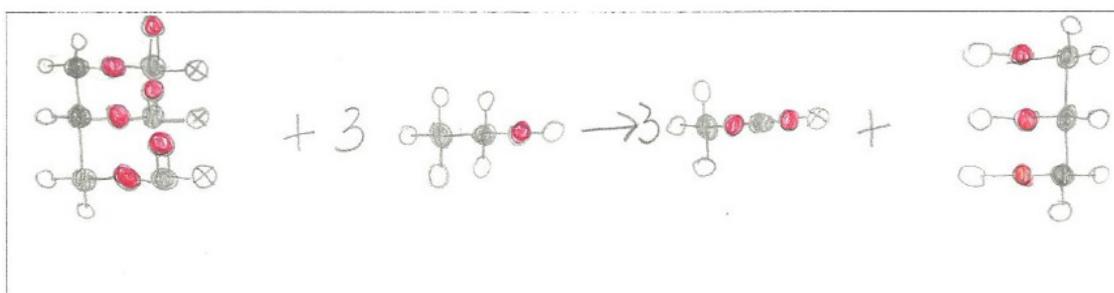


FIGURA 4.79: Representação da reação de formação do biodiesel, realizada pela aluna 06, durante o minicurso.

Por meio da figura 4.79, constatou-se que a aluna 06 representou todas as espécies químicas presentes na reação de formação do biodiesel. Neste caso, pode-se inferir que, possivelmente, a aluna apresentou uma aprendizagem significativa em relação à representação de uma reação química no nível submicroscópico, evidenciado pela apresentação de modelos mentais elaborados.

A tabela 4.18 apresenta um resumo do desempenho dos alunos durante o minicurso.

TABELA 4.18 - Porcentagem da evolução dos modelos mentais dos alunos durante o minicurso nos diferentes conceitos químicos.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)	Oscilação (%)	Regressão (%)	Constante (%)
Substância	34,6	34,6	0,0	30,8
Reagentes	42,3	23,1	0,0	34,6
Produtos	46,2	15,4	0,0	38,5
Rearranjo	46,2	15,4	0,0	38,5
Lei de Proust	0,0	57,7	23,1	19,2
Lei de Lavoisier	11,5	65,4	3,8	19,2
Balanceamento	7,7	42,3	11,5	38,5
Estequiometria	26,9	50,0	3,8	19,2
Representação submicroscópica	46,2	11,5	0,0	42,3
Média	29,1	35,0	4,7	31,2

De maneira geral, constatou-se que as categorias que apresentaram maior incidência de desempenho, durante o minicurso, foram “oscilação” e “constante” com média de 35,0 e 31,2% respectivamente, seguido pela “evolução significativa” com 29,1% e “regressão” com 4,7%.

Levando-se em consideração que os alunos já possuíam os conhecimentos básicos e a experiência com os modelos moleculares advindos das atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo, puderam, então, apresentar modelos mentais mais elaborados durante o minicurso, mesmo em se tratando de moléculas maiores, tais como a do biodiesel, glicose, etanol, e outras. Tal fato corrobora a colocação de NORMAN (1983) de que as limitações dos modelos mentais estão relacionadas à falta de conhecimento e experiência prévia dos alunos.

Um fato que chamou a atenção durante o minicurso foi o número de alunos que apresentaram “regressão”, destacando o conceito Lei de Proust, com

23,1%. Tal fato pode ser justificado pelo tempo reduzido de aplicação dessas atividades (apenas uma semana) e também por envolver moléculas maiores.

Assim como nas últimas atividades do ano letivo, os alunos utilizaram os modelos moleculares em poucas oportunidades, durante o minicurso, o que reforça a afirmação de MIGLIATO (2005) de que os alunos adquirem, com o tempo, gradativa independência em relação à utilização dos modelos moleculares.

O tópico a seguir apresenta a avaliação do minicurso feita pelos alunos.

Avaliação do minicurso pelos alunos

O minicurso foi bem aceito pelos alunos, sendo que 96,4% apontaram ter gostado de participar. Os motivos mencionados pelos alunos foram sintetizados na tabela 4.19:

TABELA 4.19 - Motivos por ter gostado do minicurso apontados pelos alunos.

Durante a semana eu gostei	Porcentagem (%)
Conhecer a Universidade	67,9
Conhecer um laboratório de Química	96,4
Fazer experimentos	100,0
Fazer atividades com os modelos	71,4
Das discussões em sala	82,1
Da equipe envolvida no minicurso	89,3

De acordo com os alunos, os motivos que mais despertaram a atenção foram conhecer um laboratório de Química e realizar experimentos. Ressalta-se que os demais motivos também apresentaram valores elevados de aceitação. O fato de o minicurso ter sido realizado na Universidade e ter proporcionado diversas atividades práticas, contribuiu para a motivação e o envolvimento dos alunos e, conseqüentemente, na aprendizagem.

Em relação à utilização dos modelos moleculares durante o minicurso, os alunos apontaram que:

TABELA 4.20 – Utilização dos modelos moleculares no minicurso.

Em relação à utilização dos modelos moleculares durante o minicurso	Porcentagem (%)
Não utilizei em nenhum dia	17,9
Utilizei em poucas atividades	75,0
Utilizei em muitas atividades	7,1

A maioria dos alunos (75,0%) utilizou os modelos moleculares em poucas atividades, e uma parcela de 17,9% salientou não ter utilizado tal recurso em nenhuma atividade. Ao serem questionados, argumentaram que:

Pois durante o ano eu aprendi bastante e agora eu não preciso mais dos modelos moleculares (Aluna 16).

Muitas das atividades envolvidas, eu não precisei dos modelos moleculares por serem mais fáceis e com menos elementos químicos (Aluna 19).

Os modelos moleculares ajudam muito, mas não precisei deles (Aluna 21).

Porque muitas vezes tinha como resolver sem usar os modelos moleculares (Aluna 07).

Os dados anteriores, assim como os depoimentos reforçam a afirmação de MIGLIATO (2005) de que os alunos adquirem independência em relação à utilização dos modelos moleculares ao longo do tempo.

A maioria dos alunos (78,6%) apontou que o minicurso contribuiu muito para a aprendizagem, enquanto que 17,9% argumentaram que contribuiu razoavelmente e 3,6% que pouco contribuiu. Em relação ao nível de dificuldade, a maioria dos alunos (60,7%) afirmou que algumas atividades foram fáceis e outras difíceis, enquanto que 28,6% argumentaram que todas foram fáceis e 10,7% que elas foram difíceis no começo e com o passar do tempo ficaram mais fáceis.

A seguir, será explorado o desempenho dos alunos no minicurso. É importante salientar que as atividades desenvolvidas nessa etapa foram planejadas de modo a contemplar os conceitos químicos trabalhados ao longo do ano letivo nas três escolas públicas: substância, reagente, produto, rearranjo, Lei

de Proust, Lei de Lavoisier, balanceamento, estequiometria e o tópico representação submicroscópica. A apresentação dos resultados será feita por meio da discussão de cada categoria de desempenho com um respectivo exemplo de cada uma delas (evolução significativa, oscilação, regressão e constante). É importante enfatizar que os critérios de análise dos dados do minicurso foram os mesmos utilizados para as turmas durante o ano letivo.

O item a seguir apresenta uma discussão referente aos desempenhos dos alunos durante o minicurso e ao longo do ano letivo de 2011. Ressalta-se que nesta comparação foram levados em consideração apenas os alunos que participaram do minicurso.

4.10. Desempenho dos alunos no ano letivo e no minicurso

A tabela 4.21 apresenta os resultados dos alunos que participaram do minicurso (MC) e o seu desempenho nas atividades propostas durante o ano letivo de 2011 (AL).

TABELA 4.21 - Comparação do desempenho dos alunos durante o ano letivo e o minicurso.

Desempenho Conceito	Evolução Significativa (%)		Oscilação (%)		Regressão (%)		Constante (%)	
	AL	MC	AL	MC	AL	MC	AL	MC
Substância	44,0	34,6	52,0	34,6	0,0	0,0	4,0	30,8
Reagentes	52,0	42,3	24,0	23,1	0,0	0,0	24,0	34,6
Produtos	48,0	46,2	44,0	15,4	0,0	0,0	8,0	38,5
Rearranjo	48,0	46,2	44,0	15,4	0,0	0,0	8,0	38,5
Lei de Proust	24,0	0,0	68,0	57,7	0,0	23,1	8,0	19,2
Lei de Lavoisier	48,0	11,5	48,0	65,4	0,0	3,8	4,0	19,2
Balanceamento	52,0	7,7	40,0	42,3	0,0	11,5	8,0	38,5
Estequiometria	80,0	26,9	16,0	50,0	0,0	3,8	4,0	19,2
Representação submicroscópica	40,0	46,2	52,0	11,5	0,0	0,0	8,0	42,3
Média	48,4	29,1	43,1	35,0	0,0	4,7	8,4	31,2

De maneira geral, foi possível constatar um melhor desempenho dos alunos ao longo do ano letivo, se comparado ao minicurso, exceto para o “desempenho constante”.

No caso da categoria “evolução significativa”, o desempenho foi melhor em todos os conceitos durante o ano letivo, exceto para o tópico “representação submicroscópica”. O fato de o projeto ter sido desenvolvido por um período maior durante o ano letivo, no qual havia tempo suficiente para retomar as atividades e discuti-las com os alunos, aliado à participação dos professores, pode ter contribuído para esse resultado.

Um fato interessante se deu pelo aumento considerável do “desempenho constante” no minicurso, se comparado ao ano letivo. É importante enfatizar que todos os alunos desse grupo apresentaram um

desempenho constante e “Bom”. Se estes conseguiram utilizar os conhecimentos advindos das atividades durante o ano letivo, nas situações propostas no minicurso, foi porque, provavelmente, a aprendizagem teria sido significativa, pois, conforme aponta AUSUBEL et al. (1980) a estrutura cognitiva de um indivíduo é organizada e hierarquizada, de modo que as várias ideias se encadeiam por meio das relações estabelecidas entre elas. É nessa estrutura que se ancoram e reorganizam os conceitos e ideias adquiridas, proporcionando uma progressiva internalização do conteúdo e aprendizagem por parte do aluno.

Ainda nesse sentido, MOREIRA (2000) argumenta que é nessa interação que os conhecimentos prévios sofrem modificações por meio da aquisição de novos significados, tornando-os mais ricos e elaborados, contribuindo, diretamente, para sua maior estabilidade.

Em relação à categoria “oscilação”, foi possível constatar que, em geral, os alunos apresentaram menor oscilação no minicurso, se comparado com as atividades desenvolvidas ao longo do ano letivo, com exceção para os conceitos: Lei de Lavoisier, balanceamento e estequiometria. Esse desempenho está relacionado ao aumento do desempenho constante, o que evidencia indícios de aprendizagem significativa, uma vez que a maioria dos alunos do minicurso apresentou alta incidência de evolução significativa no ano letivo e manteve esse desempenho no minicurso.

Foi possível constatar, também, o surgimento de “regressão” para alguns conceitos, tais como Lei de Proust, balanceamento, Lei de Lavoisier e estequiometria. Tal fato pode ser explicado pelo número elevado de atividades em pouco intervalo de tempo, diferentemente das atividades desenvolvidas pelos mesmos alunos ao longo do ano letivo. Soma-se a isso o fato de as atividades do minicurso apresentarem moléculas maiores (etanol, glicose, biodiesel). No entanto, é importante ressaltar que, independente do tamanho da molécula, o princípio para a resolução dos exercícios era o mesmo, ou seja, se mudou o

tamanho da molécula e o aluno não conseguiu resolver a situação, provavelmente a aprendizagem não foi significativa. Nesse caso, seria necessário maior tempo para trabalhar os conceitos com os alunos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclusões

De maneira geral, os modelos moleculares contribuíram satisfatoriamente para a evolução dos modelos mentais dos alunos, em relação aos conceitos químicos abordados. Por meio dos dados, constatou-se que as turmas apresentaram resultados semelhantes ao longo do ano letivo. Na média, o desempenho evolução significativa prevaleceu, seguida pela oscilação, desempenho constante e por último a regressão.

No caso da evolução significativa, foi possível verificar que os alunos apresentaram modelos mentais mais simples nas primeiras atividades e, com o passar do tempo, modelos mentais mais elaborados. Dessa forma, se os alunos conseguiram incorporar e modificar seus modelos mentais a fim de torná-los mais abrangentes e com maior poder explicativo, conforme sugere JOHNSON-LAIRD (1983), é sinal de que, provavelmente, houve uma aprendizagem significativa, pois, conforme aponta AUSUBEL et al. (1980) a aprendizagem está relacionada com a ampliação da estrutura cognitiva dos alunos por meio da relação entre a nova informação e aquela já presente em sua mente.

Foi possível constatar, também, resultados satisfatórios em relação aos alunos que participaram do minicurso. No caso, eles utilizaram os conhecimentos adquiridos ao longo do ano letivo nas situações propostas durante o minicurso. Dessa forma, se conseguiram aplicar o conhecimento adquirido em outra situação, é porque, provavelmente, houve aprendizagem significativa, o que corrobora NOVAK (2000) quando afirma que esta ocorre quando os conhecimentos podem ser aplicados a diferentes e novas situações.

É importante enfatizar que a construção de modelos mentais mais elaborados de diferentes conceitos químicos não foi um processo rápido. Dessa forma, estes surgiram com mais frequência nas últimas atividades, o que reforça a afirmação de BORGES (1999) de que é necessário tempo e esforço para que um indivíduo adquira modelos próximos daqueles aceitos cientificamente.

Outro aspecto relevante se deu pela manipulação dos modelos moleculares pelos alunos e, conseqüentemente, pelas discussões dos conceitos químicos no nível submicroscópico. Tal fato contribuiu diretamente para a aprendizagem dos alunos, pois, conforme apontam PIO e JUSTI (2006), as dificuldades de aprendizagem em Química muitas vezes estão relacionadas à falta de compreensão dos conceitos envolvidos, e uma das causas pode estar associada ao pouco tempo destinado ao desenvolvimento do pensamento no nível atômico molecular.

A categoria “oscilação” também apresentou números expressivos. Tal fato evidencia que esses alunos ainda não assimilaram o conteúdo adequadamente. Mesmo tendo realizado exercícios corretamente em uma determinada atividade, alguns alunos voltavam a apresentar raciocínios equivocados em outras, alternando assim o seu desempenho.

Como discutido no capítulo 4, este fato reforça a afirmação de MORTIMER (1995) de que os alunos não substituem facilmente suas concepções por ideias cientificamente aceitas. Para o autor, tanto as concepções quanto as novas ideias passam a coexistir na mente dos alunos, que as selecionam de acordo com determinada situação. Além disso, a oscilação verificada no desempenho dos alunos corrobora a afirmação de NORMAN (1983) de que os modelos mentais são incompletos e instáveis.

Constatou-se, ainda, um elevado percentual de oscilação durante o minicurso, que pode ser justificado pelo seu pouco tempo de duração, aliado ao número expressivo de atividades que envolviam moléculas maiores (glicose, etanol, biodiesel, entre outras). Embora tenham sido apresentadas atividades

com a mesma estrutura daquelas acompanhadas ao longo do ano letivo, os alunos mencionaram que as atividades do minicurso estavam mais difíceis e eram diferentes daquelas com as quais estavam acostumados.

A noção de perfil conceitual proposta por MORTIMER (1995) consegue explicar esse elevado índice de oscilação do desempenho dos alunos em relação aos diferentes conceitos. Para AMARAL (2004), esta pode ser encarada como uma tentativa de explicar como um aluno amplia o universo de significados possíveis para uma expressão ou mesmo um conceito científico.

O desempenho constante apresentou, em média, uma porcentagem de 7,4%. Nesse caso, a maioria dos alunos apresentava inicialmente um bom modelo mental sobre um conceito e mantinha esse desempenho ao longo do ano letivo. Tal fato também foi verificado ao longo do minicurso, porém, com a porcentagem maior (31,2%). O fato de os alunos já possuírem os conhecimentos básicos adquiridos ao longo do ano pode ter contribuído diretamente para esse resultado, uma vez que todos os alunos mantiveram um desempenho constante e “Bom” durante o minicurso. Tal fato está de acordo com BORGES (1999) ao apontar que a habilidade de um aluno para prever e explicar fenômenos evolui com a instrução e experiência na área.

A regressão no desempenho foi constatada em poucos casos, o que reforça a contribuição dos modelos moleculares para o processo de evolução dos modelos mentais dos alunos, em relação a diferentes conceitos.

É importante ressaltar que a habilidade dos alunos quanto à manipulação dos modelos moleculares foi aumentando durante o desenvolvimento das atividades, assim como independência em relação à sua utilização. Tal constatação reforça a afirmação de MIGLIATO (2005) de que os alunos adquirem gradativa independência dos modelos moleculares com o passar do tempo.

Além da relevância dos modelos moleculares para os aspectos cognitivos, esses também contribuíram para a motivação e, conseqüentemente,

para o envolvimento dos alunos nas atividades propostas, o que pode ter facilitado a aprendizagem significativa de diferentes conceitos químicos, pois, conforme aponta AUSUBEL et al. (1980) esta sofre influência tanto de fatores internos, externos quanto afetivo-sociais.

Os dados aqui apresentados reforçam a tese de GABEL e SHERWOOD (1980) de que a utilização dos modelos moleculares pelos alunos de Ensino Médio, durante um longo período de tempo, contribui diretamente para a compreensão da Química. Diante disso, torna-se evidente a relevância dos modelos moleculares para o processo de construção e evolução dos modelos mentais pelos alunos.

Considerações finais

Durante o desenvolvimento do projeto foi possível constatar mudanças significativas nas turmas que participaram das atividades ao longo do ano letivo, em relação a vários aspectos, não somente em termos cognitivos, mas também na motivação e no envolvimento dos alunos. Muitos deles, inclusive, que quase não participavam das aulas começaram a se envolver mais e aguardavam ansiosamente pela atividade seguinte. Esse envolvimento refletiu nas notas dos alunos, que passaram a melhorar o seu rendimento em Química.

Por ser desenvolvido dentro da rotina escolar, houve muitos contratempos durante a aplicação do projeto, tais como excursões, falta coletiva dos alunos, reuniões de conselho de classe, entre outras. Dessa forma, em alguns momentos, as atividades tiveram que ser desenvolvidas em um tempo menor do que estava previsto e, embora essa alteração não tenha prejudicado o desenvolvimento das atividades, esse tempo poderia ter sido utilizado para aprofundamento nas discussões.

É importante mencionar que, mesmo tendo discutido a utilização dos modelos moleculares para diversos conceitos, os alunos insistiam em utilizá-

los apenas na representação das moléculas, no início do ano. No entanto, no decorrer das atividades, foram percebendo que esse recurso poderia ser útil na compreensão dos demais conceitos e, dessa forma, passaram a utilizá-los com maior frequência.

Embora tenha sido evidenciado um número elevado de desempenho oscilante, foi possível constatar evidências de aprendizagem significativa em todas as turmas, o que reforça a tese de que os modelos moleculares assumem um papel importante na construção e evolução dos modelos mentais dos alunos.

Ressalta-se que os modelos moleculares, conforme visto nesta pesquisa, abrangeram diferentes conceitos que não são usualmente trabalhados, tais como balanceamento, Lei de Lavoisier, estequiometria e outros. Dessa forma, fica evidente que tal recurso pode ser usado em diferentes conceitos químicos, tornando-se um aliado importante na aprendizagem de Química. Além disso, é importante salientar que os modelos moleculares podem ser construídos com diversos materiais, de acordo com a disponibilidade e criatividade do professor.

Assim como qualquer material didático, é fundamental que as atividades sejam planejadas de modo a atingir objetivos pedagógicos pretendidos pelo professor e não, simplesmente, para tornar a aula mais atrativa ou diferente. Dessa forma, se as atividades forem planejadas com critérios bem definidos e trabalhadas por um período de tempo adequado, os modelos moleculares podem contribuir satisfatoriamente para a elaboração e evolução dos modelos mentais dos alunos em relação a diferentes conceitos químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.C.B.; SILVA, N.C.; CARVALHO, W.C. Utilização de modelos moleculares versáteis de baixo custo na representação tridimensional das cadeias carbônicas. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Brasília, 2010.

AMARAL, E.M.R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio**. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. 220f.

AMARAL, L. O. F. Reações Químicas, Proporções Definidas & Cálculo Estequiométrico: uma discussão sobre ensino. Belo Horizonte: publicação interna do Departamento de Química da UFMG, 1997.

ANJOS, E.I. **Modelos mentais e visualização molecular: uma estratégia para ensinar Química Orgânica**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ANKER, R. M. Construction of molecular models. **Journal of Chemical Education**, 36, (3), p.138-139, 1959.

APPELT, H.R.; OLIVEIRA, J.S.; MARTINS, M.M. Modelos moleculares: Passado e Presente. **Experiências em Ensino de Ciências** v.4(3), p.7-16, 2009.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, GA. Filosofia do Não; In: OS PENSADORES. São Paulo: Abril Cultural, p. 01-87, 1984.

BARAB, S.A.; HAY, K.E.; BARNETT, M.; KEATING, T. Virtual solar system project: building understanding through model building. **Journal of Research in Science Teaching**, 37, 719-756, 2000.

BAUER, M.W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

BELEI, R.A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S.R.; NASCIMENTO, E.N.; MATSUMOTO, P.H.V.R. O uso de entrevista, observação e videogravação em

pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, FaE/PPGE/UFPel, Pelotas [30]; 187-199, 2008.

BLACK, C. E.; DOLE, M. Molecular models with free rotation. **Journal of Chemical Education**, v.18 (9), p.424-427,1941.

BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, n.1, p.85-125, 1999.

_____. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

_____. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

BRAGA, C.F.; MELO, V.R.M.; PONTIERI, M.H.; WEBER, K.C. Construção de modelos moleculares com garrafas PET: ensinando química e promovendo a consciência ambiental. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química – Brasília**, 2010.

BRODE, W. R.; BOOM, C. E. Molecular models in the elementary organic laboratory. **Journal of Chemical Education**, v.9 (10), p.1774-1982,1932.

BRUMLIK, G. C.; BARRETT, E. J.; BAUMGALTEN, R. L. Framework molecular orbital models. **Journal of Chemical Education**, 41(4), p. 221-223, 1964.

BRUNER, J. S. **O processo da educação**. São Paulo: Nacional, 1973.

BUSQUETS, M. D. et al. **Temas transversais em educação**. São Paulo: Editora Ática, 1997.

CAMPBELL, J. A. Structural molecular models. **Journal of Chemical Education**. 25(4), 200-203, 1948.

CAMPBELL, D. J.; FREIDINGER, E. R.; HASTINGS, J. M.; QUERNS, M. K. Spontaneous Assembly of LEGO®s. *Chem13 News*, Sep, 2001, 8-9.

CARNEIRO, F. J. C.; RANGEL, J. H. G.; LIMA, J. M. R. Construção de modelos moleculares para o ensino de Química utilizando a fibra de Buriti. **Acta Tecnológica**, São Luis, v. 6, p. 17-26, 2011.

CARVALHO, N.B.; JUSTI, R.S. Dificuldades dos alunos na construção de Modelos Mentais de Ligação Metálica baseados na Analogia do “Mar de

Elétrons”. **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2005.

CHASSOT, A. **Educação conSciência**. 2. ed. Santa Cruz do Sul: EUNISC, 2007.

CHASSOT, A. I. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 1993.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, 22 (9), 1041-1053, 2000.

COLLINS. A.; GENTNER. D. How people construct mental models. In: HOLLAN, D; QUINN, N. (ed.). **Cultural models in language and thought**. p.243-265, Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

COSTA, C. **Educação, imagem e mídias**. São Paulo: Cortez, 2005.

COUTINHO, F.A.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. **Construção de um perfil conceitual de vida**. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005, 180f.

CREPPE, C.H. **Ensino de química orgânica para deficientes visuais empregando modelo molecular**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Grande Rio “Prof. José de Souza Herdy”, 2009, 123f.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, maio 1999.

DUIT, R.; GLYNN, S. Mental Modelling. In: WELFORD, G.; OSBORNE, J.; SCOTT, P. (Ed.). **Research in Science Education in Europe: Current Issues and Themes**. London: Falmer, 1996. p.166-176.

EL ANDALOUSSI, K. **Pesquisas-ações: ciências, desenvolvimento, democracia**. Trad. Michel Thiollent. São Carlos: EdUFSCar, 2004.

FERREIRA, A.M.C; TOMA, H.E. Desenvolvendo a percepção tridimensional através de modelos moleculares acessíveis e versáteis. **Química Nova**, v.5, n.4, p.131-134, 1982.

FERREIRA, C.; ARROIO, A.; REZENDE, D.B. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. **Química Nova**, v. 34, n.9, p. 1661-1665, 2011.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

FERREIRA, P.F.M. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de Ciências: uma análise no estudo de equilíbrio químico**. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação da UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FISCARELLI, R.B.O. **Material didático: discursos e saberes**. Araraquara, SP: Junqueira & Marin, 2008.

FRANCISCO JUNIOR, W.E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, v.14(1), p.121-143, 2009.

FRANCISCO JUNIOR, W.E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D.R. Um modelo para o estudo do fenômeno de deposição metálica. **Revista Química Nova na Escola**, v.31, n.2, maio 2009.

FREITAG, B.; MOTTA, V.; COSTA, W. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1993.

FREITAS FILHO, J.R.; CELESTINO, R.M.C. Investigação da construção do conceito de reação química a partir dos conhecimentos prévios e das interações sociais. **Ciências & Cognição**, v. 15(1), p.187-198, 2010.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to piagetian level. **Journal of Science Teaching**, v.17, n.1, p.17-81, 1980.

GALILI, I.; BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? **International Journal of Science Education**, v. 14(1), p.63-81, 1992.

GENTNER, D.; GENTNER, D. R. Flowing waters and teeming crowds: mental models of electricity. In: GENTNER, D.; STEVENS, A.L. (eds.). **Mental Models**. Hillsdale, NY: Erlbaum, 1983. p.99-129.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. **Química Nova**, 2010, 33, 1809.

GIBIN, G.B. **Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações.** Dissertação (Mestrado em Química), Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.124 f.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagens. In: COLINVAUX, D. **Modelos e educação em Ciências.** Rio de Janeiro: Ravel, 1998. p. 12-34.

GIORDAN, M. et al. **Visualização de objetos moleculares: interfaces de ensino, pesquisa e extensão entre a educação em Química e a Engenharia de software.** Disponível em http://sbie2004.ufam.edu.br/anais_cd/ Acesso em: 08 de maio de 2009.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, N°10, 1999.

GOUVÊA, G.; MARTINS, I.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 57, n. 4, 2005.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A Mental, physical and mathematical models in the teaching and learning of physics. **Science Education** 86, p. 106-121 2002.

GROSSLIGHT, L.; UNGER, C. E.; SMITH, C.L. Understanding Models and their use in Science: Conceptions of middle and high school students and experts. **Journal of Research in Science Teaching**, 28, p. 799-822, 1991.

HARDWICKE, A. J. Using molecular models to teach Chemistry. Part 1: Modeling molecules. **School and Science Review**, 77, p. 59-64, 1995.

HARRISON, A.G.; TREAGUST, D.F. Secondary student's mental models of atoms and molecules: Implications for teaching Chemistry. **Science Education**, 80, p.509-534, 1996.

HE, F.-C.; LIU, L.-B.; LI, X.-Y. Molecular models constructed in an easy way. **Journal of Chemical Education**, 67(7), p.556-558, 1990.

HEACOCK, P.; SOUDER, E.; CHASTAIN, J. Subjects, data and videotapes. **Nursing**, v. 45, n. 6, p. 336-338, 1996.
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Molecular_Model_of_Methane_Hofmann.jpg
Acesso em: 31 de maio 2012.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models:** towards a cognitive science of language, inference and consciousness. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

_____. Mental models and human reasoning. PNAS | October 26, 2010, v. 107, n. 43, p. 18243-18250.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KIILL, K.B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico.** Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

KNAGGE, K.; RAFTERY, D. Construction and evaluation of a LEGO spectrophotometer for student use. **Chem. Educator**, 7, 371.375 371, 2002.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1991.

LARSON, G. O. Atomic and molecular models made from vinyl covered wire, **Journal of Chemical Education**, 41(4), 219-220, 1964.

LIMA, M.B.; LIMA-NETO, P. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de Química. **Química Nova**, v.22, n.6, 1999.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R.S. Construção de modelos no ensino de ligação iônica. **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2005.

MIGLIATO FILHO, J.R. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio.** Dissertação (Mestrado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2005.

MINNÉ, N. Molecular models in organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v.6 (11), p.1984-1985, 1929.

MONTEIRO, I.V.; JUSTI, R.. Analogias em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.5 (2), p. 67-91, 2000.

MORAES, G.L.; ALVES, C.N.; CARNEIRO, J.S.; MARQUES, J.Q.P.; O computador como ferramenta no ensino de Química em estudo de orgânica. **48º Congresso Brasileiro de Química**, Rio de Janeiro, 2008.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Porto Alegre: UFRGS, 1997.

_____. Mapas conceituais. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, Florianópolis, v.3(1), p. 17-25, abr. 1986.

_____. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.1 n.3, 1996.

MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science and Education**, 4, 267-285, 1995.

_____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 01, n. 01, p. 1-18, 1996.

NÉRICI, I.G. **Introdução à didáctica geral**. 6. ed. São Paulo: Editora Fundo da Cultura, 1968.

NERSESSIAN, N.J. Models as mediating instruments. In: MORGAN, M.S.; MORRISON, M. (ed.). **Models as Mediators**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p.10-37.

NETO, J.M.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: Problemas e Soluções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

NORMAN, D. A. Some observations on mental models. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (ed.). **Mental Models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender criar e utilizar o conhecimento: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000. 252 p.

OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. **Information Technology and Libraries**, v. 12, n. 2, p. 246-247, 1993.

OSBORNE, J. Beyond Constructivism. In: **The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics**. Misconceptions Trust: Ithaca, New York, 1993.

PEDRANCINI, V. D. et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, 2008.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento. Equilíbrio das estruturas cognitivas**. Lisboa: Dom Quixote, 1977.

PIERCE, J. B. Molecular models: a general chemistry exercise. **Journal of Chemical Education**. 36(12), p.595, 1959.

PIO, J.M.; JUSTI, R.S. **Visão dos alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de cálculos químicos**. Trabalho de monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, novembro de 2006.

PROCHNOW, F.B.; SANTOS, A.C.C.; HEEP, G.L. Construção de modelos moleculares para o Ensino de Química. **1º Encontro Paranaense de Educação em Química**. Universidade Estadual de Londrina, 2009.

RAPP, D.N. Mental Models: Theoretical issues for Visualizations in Science Education. In: GILBERT, J.K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Netherlands: Springer, 2005.p.43-60.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MARTINS, T.L.C., SOUZA, B.C. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.9, n.1, p.18-34, 2010.

REYNA, C. P. Vídeo e pesquisa antropológica: encontros e desencontros. **Biblioteca on-line de Ciências da Comunicação**. 1997. Disponível em:<<http://www.bocc.ubi.pt>> Acesso em: 03 dez. 2011.

RODRIGUES, E. A.; REZENDE, G. A. A.; SILVEIRA, I. D.; SILVA, L. O. P.; MENDONÇA, A. F.; SANTOS, V. F. Construção de um modelo molecular com materiais alternativos. **51º Congresso Brasileiro de Química**. São Luiz, Maranhão, 2011.

ROQUE, N.F.; SILVA, J.L.P. A linguagem química e o ensino de química orgânica. **Revista Química Nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

SCOTT, P. The process of conceptual change in Science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter. In: NOVAK, J.D. (Ed.). **The proceedings of The Second International Seminar:**

Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, New York: Cornell University, vol. II. 1987. p. 404-419.

SILVA JUNIOR, G.P. **O perfil conceitual de radiação na formação de professores de física na UFG e suas propostas de intervenção pedagógica para o ensino médio.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2011.

SILVA, F.A.R. **O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação.** Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, H.C; ZIMMERMANN, E; CARNEIRO, M.H.S; GASTAL, M.L; CASSIANO, W.S. Cautela ao usar imagens em aula de Ciências. **Ciência e Educação**, v.12, n.2, p.219-233, 2006.

SILVA, N.M.M.; RIBEIRO, L.R. Conhecimento e opiniões de alunos da etapa final do ensino médio sobre transgênicos. **Conexão Ciência Online**, v.4, n.1, 2009.

SOLOMON, J. The rise and fall of constructivism. **Studies in Science Education**, v. 23, p.1-19, 1994.

SOUSA, C. T.; A prática do assistente social: conhecimento, instrumentalidade e intervenção profissional. **Emancipação**, Ponta Grossa, v.8 (1), p.119-132, 2008.

SOUZA, K.A.F.D.; CARDOSO, A.A. A formação em Química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. *Revista Química Nova*, v. 32, n. 01, 2009.

SZYMANSKI, H. Entrevista reflexiva: um olhar psicológico sobre a entrevista em pesquisa. In: SZYMANSKI, H. (Org.); ALMEIDA, L.R.; PRANDINI, R.C.A.R. **A entrevista na pesquisa em educação: a prática reflexiva.** Brasília: Liber Livro Editora, 2004.

TANAKA, J. Inexpensive molecular models for use in the laboratory. **Journal of Chemical Education**, 34(12), p.603, 1957.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 8.ed. São Paulo: Cortez, 1998.

TRISTÃO, J.C.; DEFREITAS-SILVA, G.; JUSTI, R.S. Estequiometria: Investigações em uma Sala de Aula Prática. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**, Paraná, 2008.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v.1 (2) p. 205-221, 1979.

VOSNIADOU, S. Mental models in conceptual development. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. **Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values**. New York: Kluwer Academic Press, 2002.

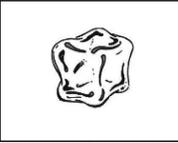
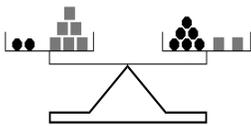
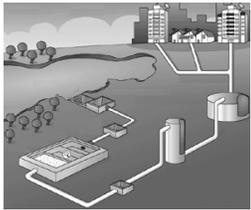
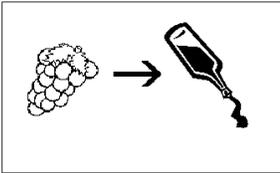
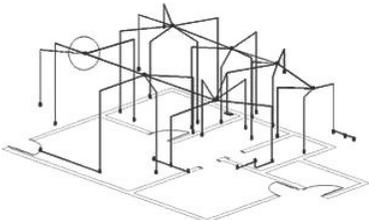
WILLIAMS, M. D.; HOLLAND, J. D.; STEVENS, A. L. Human reasoning about a simple physical system. In: GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (ed.). **Mental Models**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p.131-153.

Apêndices

Apêndice 01

Nome da escola: _____

Nome do aluno: _____ Série _____

<p>01. Os desenhos ao lado representam:</p> <p>a) água apenas no estado sólido. b) água apenas no estado líquido. c) mudança de estado físico. d) substâncias diferentes. e) etapas da produção de gelo.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Antes </div> <div style="text-align: center;">  Depois </div> </div>	<p>07. Sobre a figura da balança, é correto afirmar que:</p> <p>a) cubos e bolinhas têm massas iguais. b) objetos maiores têm massa maior. c) cubos e bolinhas têm massas diferentes. d) bolinhas têm massa igual a pirâmides. e) Não dá para tirar conclusões a respeito das massas.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>02. Em relação à figura ao lado, é correto afirmar que:</p> <p>a) a presença do ferro altera as propriedades da água. b) a água faz com que o prego sofra apenas redução no tamanho. c) o prego é preservado quando colocado em água. d) a água utilizada tem alguma propriedade especial. e) o prego (ferro) sofre modificações quando colocado em água.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  antes </div> <div style="text-align: center;">  depois </div> </div>	<p>08. A previsão do tempo é baseada em:</p> <p>a) cálculos que consideram: temperatura, pressão, umidade e ventos. b) observação do céu por pessoas bem treinadas, como técnicos e cientistas. c) média das chuvas dos últimos dez anos, já que a média é constante. d) percurso das chuvas, já que chuvas mudam de lugar. e) no comportamento de animais e plantas.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>03. Aponte a alternativa que melhor explica como é produzida eletricidade em uma usina hidrelétrica.</p> <p>a) A produção envolve diferentes estados físicos da água. b) A água resfria as baterias que fornecem a energia elétrica. c) A água é evaporada e do vapor é retirada a energia elétrica. d) A água faz girar as turbinas que produzem energia elétrica. e) A água resfria as turbinas que geram energia elétrica.</p>	<p>09. A figura ao lado representa:</p> <p>a) os diferentes usos da água na sociedade. b) o ciclo completo da água na natureza. c) a contaminação da água em uma represa. d) a importância da água para as plantas. e) uma estação de tratamento de água.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>04. A figura ao lado pode ser representativa de:</p> <p>a) processo de engarrafamento de uvas. b) etapa necessária ao plantio de uvas. c) transformação que produz uma bebida. d) dois produtos industrializados. e) etapa de aquecimento na produção de vinho.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>10. O desenho ao lado representa qual parte do projeto de uma residência?</p> <p>a) fundação. b) hidráulica. c) elétrica. d) portas e janelas. e) fachada.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>05. Em relação à tecnologia utilizada na produção de organismos transgênicos, é correto afirmar que:</p> <p>a) os genes são alterados para que seus descendentes sofram mutação. b) um ser transgênico é obtido em laboratórios a partir de materiais sintéticos. c) somente pode ser aplicada no cruzamento entre duas espécies diferentes. d) tem como objetivo preservar as características de um ser vivo eternamente. e) a tecnologia somente pode ser aplicada em seres utilizados como alimento.</p>	<p>11. Sobre a figura ao lado, é possível afirmar que trata-se de:</p> <p>a) uma foto do sistema solar b) um desenho do sistema solar c) o centro da via láctea d) foto de um buraco negro e) sol girando em torno de planetas</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p>06. O desenho a seguir representa:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>a) o ciclo de vida de um sapo, desde o nascimento até a sua morte. b) diferentes animais, tais como uma larva, um girino, um peixe e um sapo. c) diferentes animais interagindo entre si em um mesmo ecossistema. d) o desenvolvimento do sapo, desde o estágio de girino até a idade adulta. e) uma cadeia alimentar envolvendo seres que habitam um ambiente aquático.</p>	<p>12. Se a afirmação na figura ao lado é correta, então o desenho representa:</p> <p>a) um pepino. b) um cachimbo. c) chuveiro de ponta cabeça. d) madeira em chamas. e) xícara de café quente.</p> <div style="text-align: right;">  Isto não é um cachimbo </div>

Nome: _____ Série: _____
Nome da Escola: _____

Atividade 01: Parte 01

As transformações químicas, também denominadas de reações químicas, fazem parte da nossa vida. Nessas reações, elementos químicos combinam-se entre si formando compostos diferentes em relação aos materiais de partida. Como exemplo, podemos citar a queima do carvão, representada pela seguinte reação:



Utilizando os modelos moleculares, monte a estrutura de cada um dos reagentes e com o auxílio da balança, determine a massa total dos reagentes. Considere a massa do copo plástico como sendo igual 0,8 g e a densidade da água igual a 1g/cm^3 .

Massa de Carbono (C) = _____g

Massa de Oxigênio (O₂) = _____g

Massa dos reagentes = _____g

Nome: _____ Série: _____

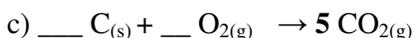
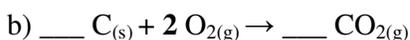
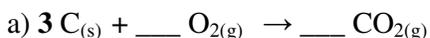
Nome da Escola: _____

Atividade 01: Parte 02

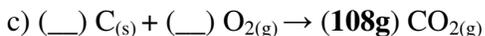
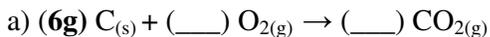
01. Por meio da utilização da balança, foi possível determinar a massa dos reagentes envolvidos na combustão do carvão. Em relação ao **produto** formado, é correto afirmar que:

- A () não dá para determinar a massa do produto sem a utilização da balança.
- B () forma-se o gás carbônico e sua massa é de aproximadamente 10 g.
- C () o gás carbônico formado apresenta massa de aproximadamente 15 g.
- D () forma-se aproximadamente 32 g de gás carbônico e carbono.
- E () forma-se o gás carbônico e sua massa é de aproximadamente 22 g.

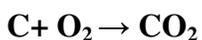
02. Complete os espaços em branco com números que representam o correto balanceamento:



03. Considere a massa de uma bolinha que representa o carbono (C) ou oxigênio (O) igual a 6 g. Preencha com números os espaços em branco:



04. Represente, por meio de desenhos (esferas representando os átomos), a reação química que representa a queima do carvão. **Indique no desenho, os reagentes e o produto da reação.**

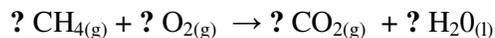


Nome: _____ Série: _____

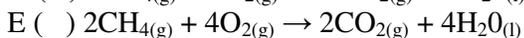
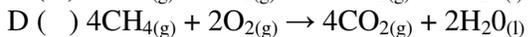
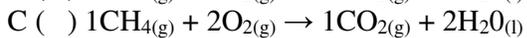
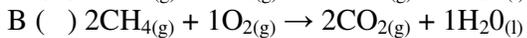
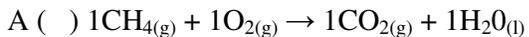
Nome da Escola: _____

Atividade 02: Parte 01

01. Dada a reação:



A alternativa que representa a reação química descrita corretamente é:



02. Represente, por meio de desenhos (esferas representando os átomos), a reação química expressa na alternativa assinalada anteriormente. **Indique no desenho, os reagentes e os produtos da reação.**

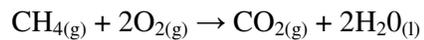


Nome: _____ Série: _____

Nome da Escola: _____

Atividade 02: Parte 02

01. Dada a reação de combustão do metano:



Utilizando os modelos moleculares, monte as espécies químicas envolvidas na reação e por meio da balança determine a massa das seguintes substâncias: Água (H₂O), gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄).

Massa da água: _____ gramas

Massa do gás carbônico: _____ gramas

Massa do metano: _____ gramas

Nome: _____ Série: _____

Nome da Escola: _____

Atividade 02: Parte 02

03. Dada a reação de combustão do metano:



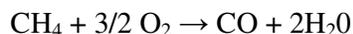
Em relação à massa do gás **oxigênio (O₂)**, é possível afirmar que:

- A () Não dá para determinar o valor da sua massa sem a utilização da balança.
- B () É a mesma que a do metano, ou seja, assume um valor aproximado de 42 g.
- C () Corresponde a soma das massas de água e dióxido de carbono, ou seja, 34g.
- D () Corresponde à diferença entre a massa de água e metano, ou seja, 12g.
- E () É igual à soma das massas dos produtos descontando a do metano, ou seja, 34g.

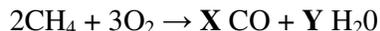
04. Considere a massa de uma bolinha que representa o carbono (C) ou oxigênio (O) igual a 5 g. Preencha os espaços em branco com números:

- a) (**5g**) C + (___) O₂ → (___) CO₂
- b) (___) C + (**30g**) O₂ → (___) CO₂
- c) (___) C + (___) O₂ → (**60 g**) CO₂

05. A queima incompleta do metano pode ser representada pela seguinte reação:



Se dobrarmos a quantidade de cada um dos reagentes, podemos representar a reação como:



Em relação a **X** e **Y**, é possível afirmar que:

- A () X e Y não se alteram, pois os reagentes são sempre os mesmos.
- B () Apenas X dobra, pois se refere a um gás, enquanto Y se refere a um líquido.
- C () Apenas Y dobra, pois a quantidade de gás é sempre constante.
- D () Os produtos formados da combustão também dobram, ou seja, X= 2 e Y= 4.
- E () O valor da quantidade oxigênio é o dobro da quantidade de água.

Apêndice 05

Nome: _____ Série: _____

Nome da Escola: _____

Atividade 04

1. A combustão ou queima do carvão (C) pode ser completa quando há formação de gás carbônico (CO₂) ou incompleta quando há formação de monóxido de carbono (CO). Sabe-se que o CO pode ser representado por $C \equiv O$. A alternativa que apresenta respectivamente a combustão completa e incompletamente do carvão é:

A () completa: $1C + 1O_2 \rightarrow 1CO_2$; incompleta: $1C + 1O_2 \rightarrow 1CO$

B () completa: $2C + 2O_2 \rightarrow 2CO_2$; incompleta: $2C + 1O_2 \rightarrow 1CO$

C () completa: $1C + 1O_2 \rightarrow 1CO_2$; incompleta: $2C + O_2 \rightarrow 2CO$

D () completa: $1C + 2O_2 \rightarrow 2CO_2$; incompleta: $2C + 1O_2 \rightarrow 1CO$

E () completa: $2C + 1O_2 \rightarrow 2CO_2$; incompleta: $1C + 1O_2 \rightarrow 1CO$

02. Represente, por meio de desenhos (esferas representando os átomos) a reação completa e incompleta da queima do carvão. Identifique no desenho, os reagentes e os produtos da reação.

Combustão completa do carvão

Combustão incompleta do carvão

03. Complete os espaços em branco com números:

a) $2C + __ O_2 \rightarrow __ CO$

b) $__ C + 2O_2 \rightarrow __ CO$

c) $__ C + __ O_2 \rightarrow 4CO$

04. Considere a massa de uma bolinha que representa cada átomo (carbono, oxigênio, enxofre e cobre) igual a 6g. Preencha com números os espaços em branco:

a) (6g) C + $__ O_2 \rightarrow __ CO_2$

b) $__ C + (24g) O_2 \rightarrow __ CO_2$

c) $__ C + __ O_2 \rightarrow (108g) CO_2$

05. Utilizando os modelos moleculares, um aluno montou as espécies químicas envolvidas na combustão incompleta do carbono e com o auxílio de uma balança determinou a massa dos reagentes envolvidos. Sabe-se que a massa do carbono foi de 12 g e a massa do oxigênio de 14g. Em relação ao **produto** formado, é correto afirmar que:

a) não dá para determinar a massa do produto sem a utilização da balança.

b) forma-se predominantemente o gás carbônico e sua massa é aproximadamente 6 g.

c) forma-se predominantemente o monóxido de carbono e sua massa é aproximadamente 14 g.

d) forma-se predominantemente o monóxido de carbono e sua massa é aproximadamente 26 g.

e) forma-se predominantemente o dióxido de carbono e sua massa é aproximadamente 20 g.

06. Em um sistema fechado, durante uma reação química, a massa:

() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

07. Em um sistema fechado, durante uma reação química, o número de átomos:

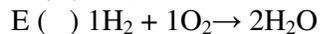
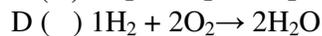
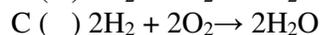
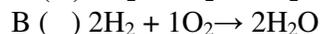
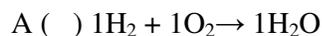
() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

Nome: _____ Série: _____

Nome da Escola: _____

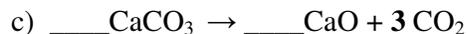
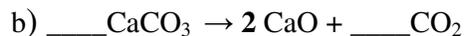
Atividade 05

1. A água (H₂O) pode ser obtida por meio da combustão do gás hidrogênio (H₂). Assinale a alternativa que representa a reação química balanceada desse processo:

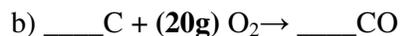
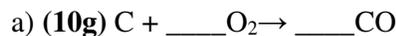
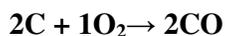


02. Represente por meio de desenhos (esferas representando os átomos) a reação assinalada na questão 01. Identifique no desenho, **os reagentes e os produtos da reação.**

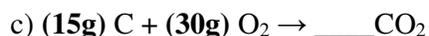
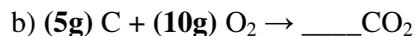
03. Complete os espaços em branco com números que correspondem ao correto balanceamento das reações:



04. Considere que a massa de uma bolinha (que representa átomos de C ou O) é igual a 5g. Preencha com números os espaços em branco para a seguinte reação:



05. Suponha que as reações a seguir ocorram em um **sistema fechado**. Preencha os espaços em branco com números referentes aos valores de massa.



06. Em um sistema fechado, durante uma reação química, a massa:

() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

07. Em um sistema fechado, durante uma reação química, o número de átomos:

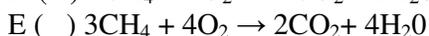
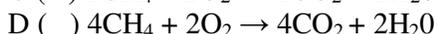
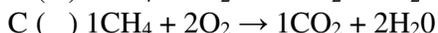
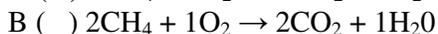
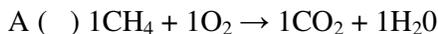
() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

Nome: _____ Série: _____

Nome da Escola: _____

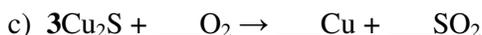
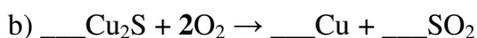
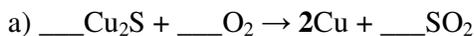
Atividade 06

01. Assinale a alternativa que representa a reação química balanceada referente à queima do gás metano (CH₄):

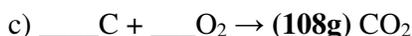
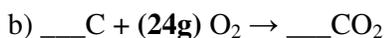
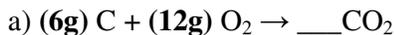


02. Represente, por meio de desenhos (esferas representando os átomos), a reação química expressa na alternativa assinalada anteriormente. **Indique no desenho, os reagentes e os produtos da reação.**

3. Complete os espaços em branco com números que representam o correto balanceamento:



04. Considere a massa de uma bolinha que representa cada átomo (carbono, oxigênio, enxofre e cobre) igual a 6g. Preencha com números os espaços em branco:



05. Por meio do emprego de uma balança, foi possível determinar a massa dos reagentes envolvidos no aquecimento do sulfeto de cobre I (sulfeto de cobre I reage com o oxigênio formando o cobre e o gás dióxido de enxofre). Foram obtidas as seguintes massas: Sulfeto de cobre I = 21 g; Oxigênio = 15g. Em relação à massa dos **produtos** formados, é correto afirmar que em um sistema fechado:

A () não dá para determinar a massa dos produtos sem a utilização da balança.

B () equivale a soma das massas de sulfeto de cobre I e oxigênio e vale 36g.

C () é equivalente a massa do sulfeto de cobre I, ou seja, aproximadamente 21 g.

D () equivale à diferença de massa entre o sulfeto de cobre I e o oxigênio e vale 6 g.

E () forma-se apenas o dióxido de enxofre e sua massa é equivalente a 36 g.

06. Em um sistema fechado, durante uma reação química, a massa:

() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

07. Em um sistema fechado, durante uma reação química, o número de átomos:

() aumenta () diminui () se conserva () só pode afirmar algo com o auxílio da balança.

Nome: _____ Série: _____
 Nome da Escola: _____

Avaliação do projeto

1. Você gostou de ter participado das atividades envolvendo os modelos moleculares?

Sim Não

Se sim, por quê? Pode assinalar quantas alternativas desejar.

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> comecei a gostar mais de Química; | <input type="checkbox"/> a aula passava mais rápido; |
| <input type="checkbox"/> aprendi melhor a matéria; | <input type="checkbox"/> outro |
| <input type="checkbox"/> tornou a aula mais atrativa; | motivo: _____ |
| <input type="checkbox"/> comecei a participar mais das aulas; | |

Se não, por quê? Pode assinalar quantas alternativas desejar.

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> não gosto de atividades diferentes em sala; | <input type="checkbox"/> não gosto de participar da aula; |
| <input type="checkbox"/> perdia várias aulas para o desenvolvimento da atividade; | <input type="checkbox"/> não tenho interesse em aprender Química; |
| <input type="checkbox"/> não compreendia bem o que era para ser feito; | <input type="checkbox"/> outro |
| | motivo: _____ |

2. A utilização dos modelos moleculares durante as aulas de Química contribuiu para a sua aprendizagem?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> não contribuiu | <input type="checkbox"/> contribuiu razoavelmente |
| <input type="checkbox"/> contribuiu pouco | <input type="checkbox"/> contribuiu muito |

3. Na ausência das atividades desenvolvidas ao longo do ano, você acha que:

- Não teria aprendido tudo o que aprendi;
 Teria muito mais dificuldade para aprender;
 Aprenderia da mesma maneira, pois as atividades não contribuíram em nada.

4. As atividades propostas utilizando os modelos moleculares foram:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> difíceis no começo e com o passar do ano ficaram mais fáceis; | <input type="checkbox"/> todas difíceis; |
| <input type="checkbox"/> todas fáceis; | <input type="checkbox"/> umas difíceis e outras fáceis. |

5. Você gostaria que esses modelos continuassem a ser utilizados nos próximos anos nas aulas de Química?

Sim Não

Por quê?

6. Em sua opinião, quais foram os aspectos positivos do projeto?

7. Em sua opinião, quais foram os aspectos negativos do projeto?

8. Utilize o espaço a seguir caso queira fazer algum comentário adicional, inclusive o verso da folha.

Guia de entrevista com os alunos

1. Você entendeu a questão número um da atividade X?
2. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
3. Você entendeu a questão número dois da atividade X?
4. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
5. Você entendeu a questão número três da atividade X?
6. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
7. Você entendeu a questão número quatro da atividade X?
8. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
9. Você entendeu a questão número cinco da atividade X?
10. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
11. Você entendeu a questão número seis da atividade X?
12. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
13. Você entendeu a questão número sete da atividade X?
14. Se sim, qual foi o raciocínio utilizado para responder a questão?
15. Das questões propostas qual apresentou maior dificuldade?
16. A utilização dos modelos moleculares contribuiu (ou pode) contribuir para a realização da atividade proposta?
17. Você está tendo mais facilidade para responder essa atividade se comparada com as anteriores?

Guia de entrevista com os professores

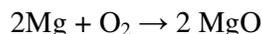
1. Em sua opinião, qual é a principal contribuição dos modelos moleculares para a aprendizagem de Química?
2. Qual a sua opinião (no que diz respeito ao tempo gasto e comportamento, participação e aprendizagem dos alunos) sobre a inclusão das atividades envolvendo modelos moleculares em aulas de Química?
3. Você acha que os modelos moleculares contribuíram para a aprendizagem dos alunos?
4. Você acha que a aprendizagem dos alunos ao longo do ano letivo seria a mesma na ausência dos modelos moleculares?
5. Como você avalia a aprendizagem dos alunos que participaram do projeto em comparação a turmas de anos anteriores? Houve diferença?
6. A utilização desse recurso durante as aulas alterou de alguma forma a sua prática pedagógica? Como?
7. Os alunos solicitaram a sua ajuda para fazer alguma atividade? Se sim, de que maneira você ajudou?
8. Você sentiu alguma diferença no comportamento ou na motivação dos estudantes durante o desenvolvimento do projeto?
9. Você pretende fazer uso desse recurso em futuras aulas de Química?
10. Quais foram os aspectos positivos do projeto?
11. Quais foram os aspectos negativos do projeto?
12. Se fosse executar o projeto novamente, o que você mudaria?
13. Quer fazer algum comentário adicional?

Nome: _____

Escola: _____ Série: _____

Atividade 01: Parte 01
Evidências de reações químicas

01. O óxido de magnésio (MgO) é formado pela queima do magnésio metálico (Mg) em presença do oxigênio (O₂). Essa reação libera luz e pode ser representada pela seguinte equação:



Represente por meio de desenhos a reação de produção do óxido de magnésio.

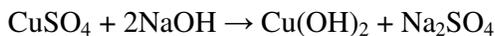
02. Complete os espaços em branco com números que representam o correto balanceamento:

- a) $2\text{Mg} + (\quad) \text{O}_2 \rightarrow (\quad) \text{MgO}$
- b) $(\quad) \text{Mg} + 4\text{O}_2 \rightarrow (\quad) \text{MgO}$
- c) $(\quad) \text{Mg} + (\quad) \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{MgO}$

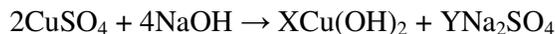
03. Considere a massa de uma bolinha que representa o magnésio (Mg) e o oxigênio (O) igual a 6 g. Preencha com números os espaços em branco:

- a) **(6g)** Mg + () O₂ → () MgO
- b) **(12g)** Mg + () O₂ → () MgO
- c) () Mg + **(36g)** O₂ → () MgO

04. Ao adicionar uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) ao sulfato de cobre (CuSO₄) há a formação de um precipitado (Cu(OH)₂), de acordo com a seguinte reação:



Se dobrarmos as quantidades dos reagentes, os valores de X e Y serão:



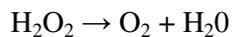
- A () X e Y não se alteram
- B () Apenas X dobra
- C () Apenas Y dobra
- D () X e Y dobram
- E () X dobra e o Y triplica.

Nome: _____

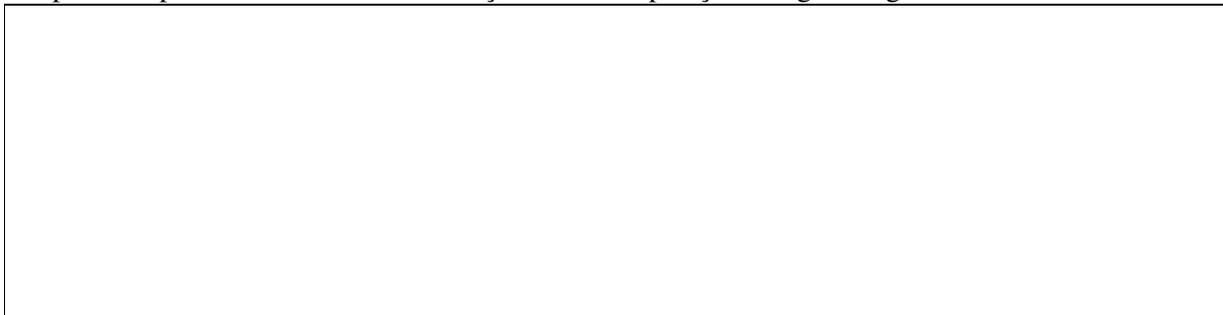
Escola: _____ Série: _____

Atividade 01: Parte 02

05. A água oxigenada pode ser decomposta em água e oxigênio, de acordo com a reação:

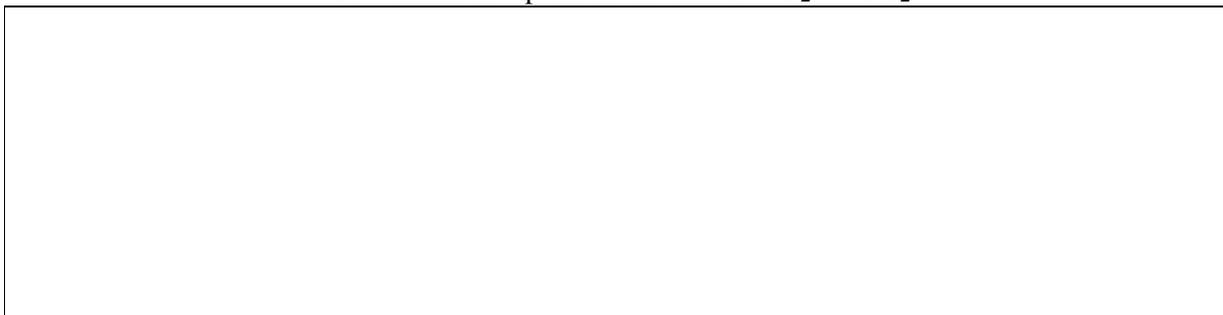


Represente por meio de desenhos a reação de decomposição da água oxigenada

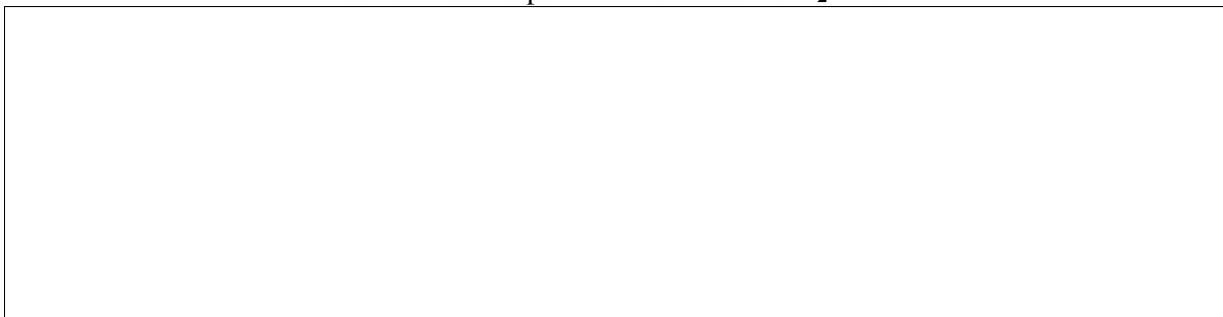


06. A queima do carvão pode ser completa (quando forma-se predominantemente o gás carbônico) e incompleta (forma-se predominantemente o monóxido de carbono). Represente por meio de desenhos a queima completa e incompleta do carvão.

Combustão completa do carvão: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$



Combustão incompleta do carvão: $2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$



Apêndice 12

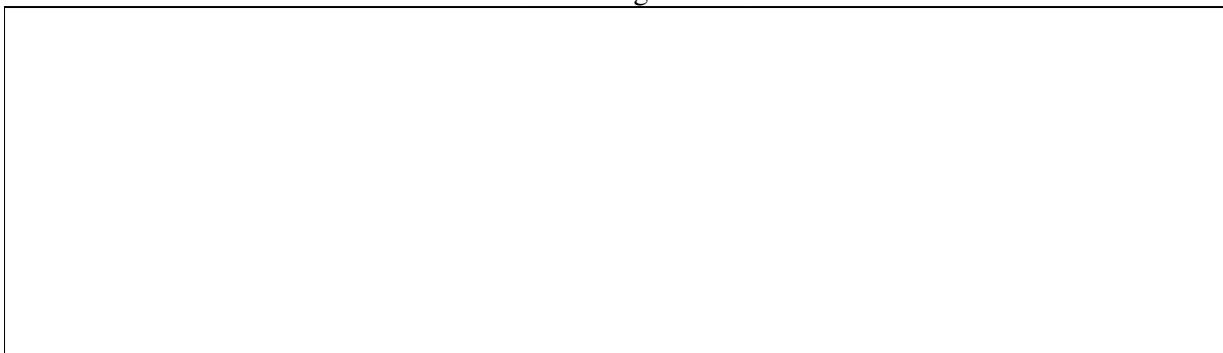
Nome: _____

Escola: _____ Série: _____

Atividade 02: Parte 01 Polaridade

01. Represente por meio de desenhos o que ocorre com as espécies químicas no nível submicroscópico nas seguintes situações:

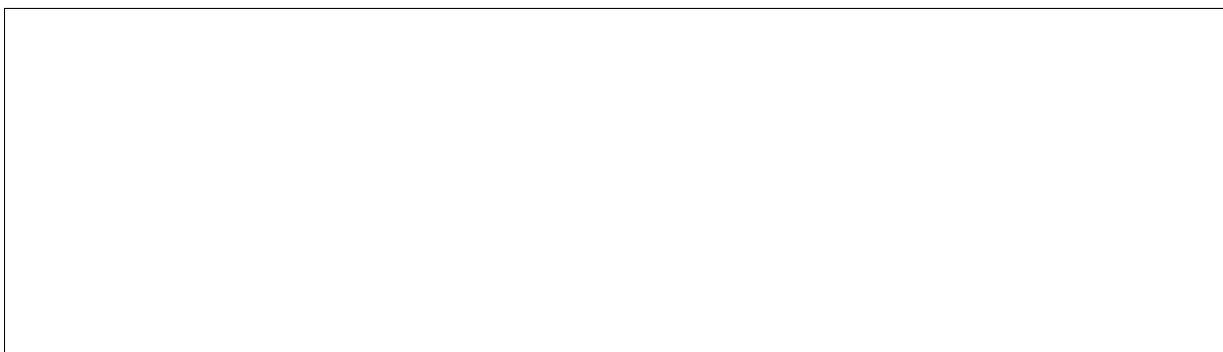
Mistura de água e óleo



Água e álcool



Gasolina e água

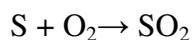


Nome: _____

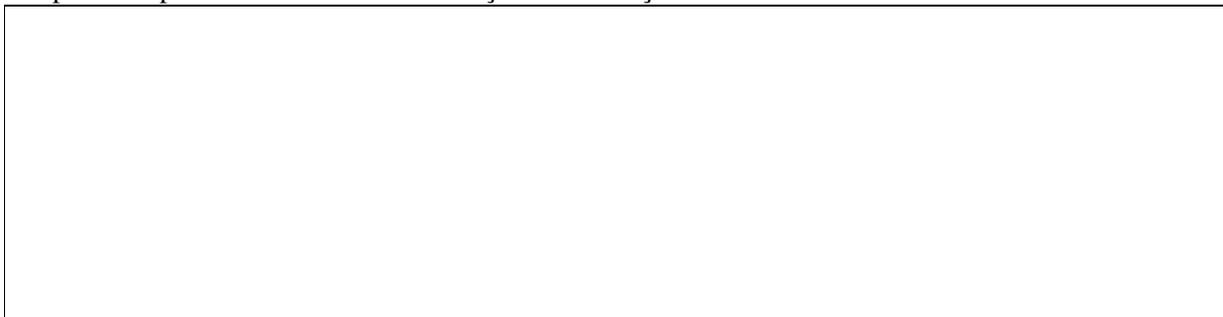
Escola: _____ Série: _____

Atividade 02: Parte 02
Simulação da chuva ácida

02. O dióxido de enxofre, um dos gases que contribuiu para a formação da chuva ácida, é formado pela queima do enxofre em presença do gás oxigênio, conforme a reação:



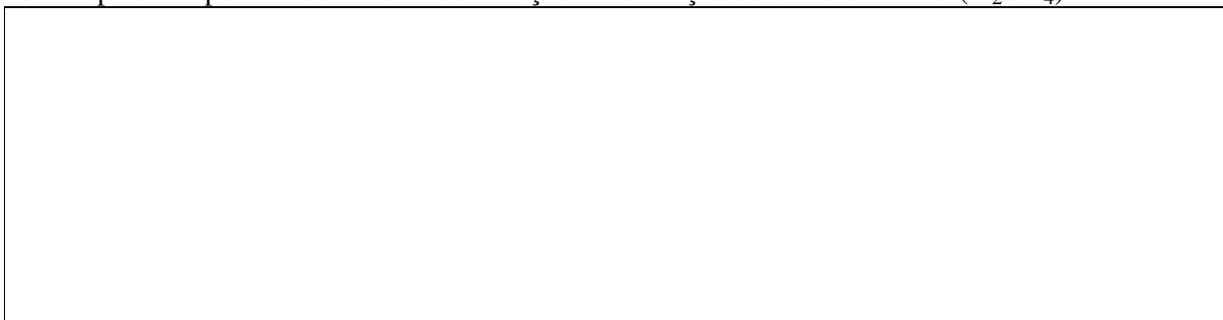
Represente por meio de desenhos a reação de formação do dióxido de enxofre



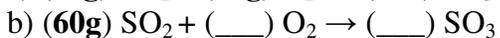
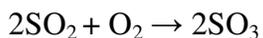
03. Complete os espaços em branco com números que correspondem ao correto balanceamento das reações: balanceamento.



04. Represente por meio de desenhos a reação de formação do ácido sulfúrico (H_2SO_4)



05. Suponha que as reações a seguir ocorram em um **sistema fechado**. Preencha os espaços em branco com números referentes aos valores de massa, sabendo que cada bolinha pesa 5 gramas.



Nome: _____

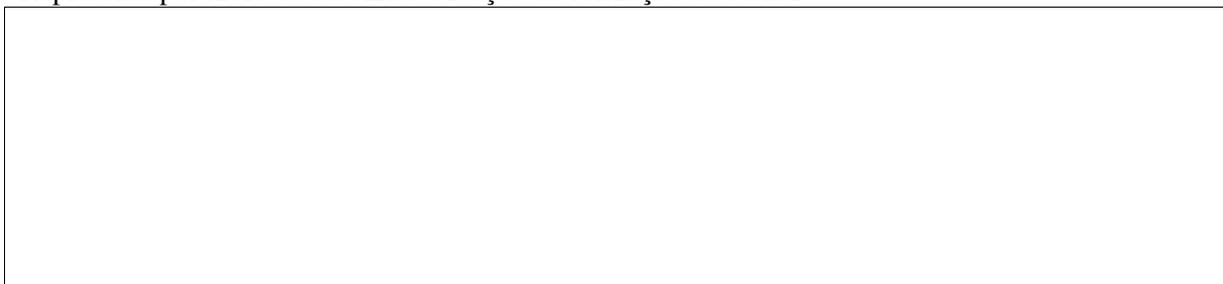
Escola: _____ Série: _____

Atividade 03
Produção do etanol

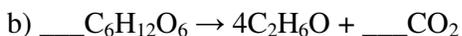
01. A produção do álcool se dá por meio do processo de fermentação, no qual os microorganismos (leveduras) convertem o açúcar em álcool conforme expresso na equação a seguir:



Represente por meio de desenhos a reação de formação do etanol



03. Complete os espaços em branco com números que correspondem ao correto balanceamento das reações: balanceamento.

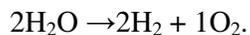


Nome: _____

Escola: _____ Série: _____

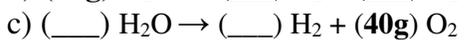
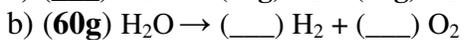
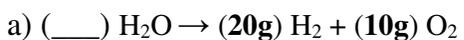
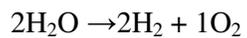
Atividade 03
Produção do gás hidrogênio

04. O gás hidrogênio (H₂), considerado um combustível do futuro, pode ser formado por meio da eletrólise da água, segundo a reação:



Represente por meio de desenhos a reação de formação do gás hidrogênio.

05. Suponha que as reações a seguir ocorram em um **sistema fechado**. Preencha os espaços em branco com números referentes aos valores de massa, sabendo que cada bolinha pesa 5 gramas.



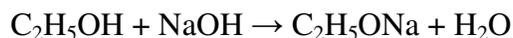
Apêndice 14

Nome: _____

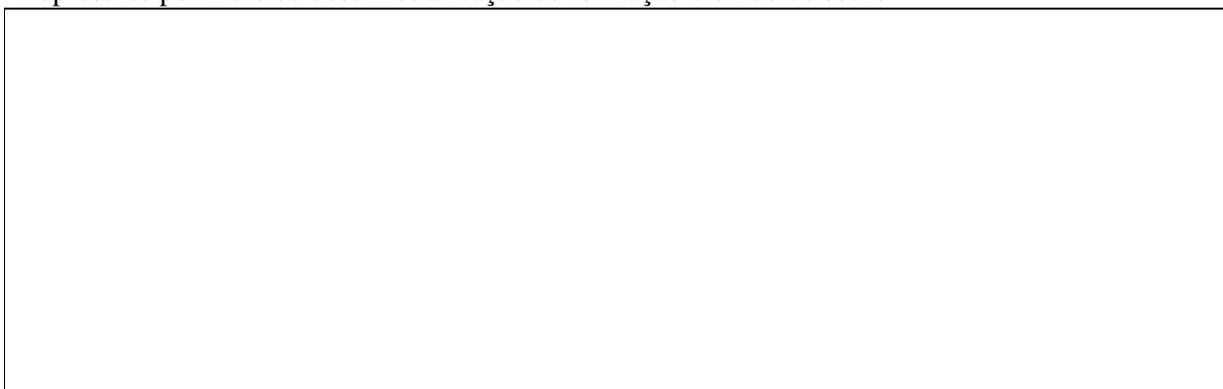
Escola: _____ Série: _____

Atividade 04 Produção do biodiesel

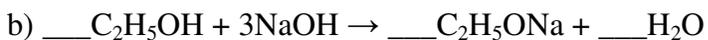
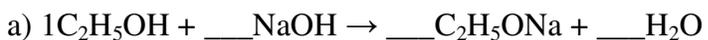
01. Uma das etapas de formação do biodiesel é a produção do etóxido de sódio, conforme a reação a seguir:



Represente por meio de desenhos a reação de formação etóxido de sódio



03. Complete os espaços em branco com números que correspondem ao correto balanceamento das reações:

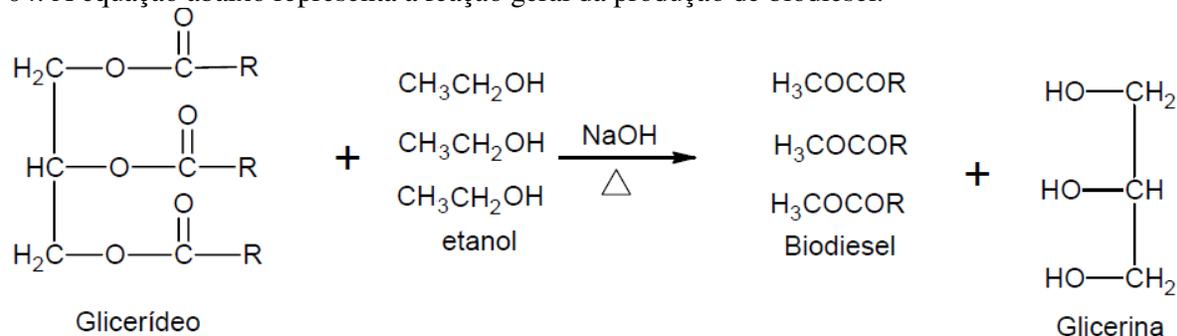


Nome: _____

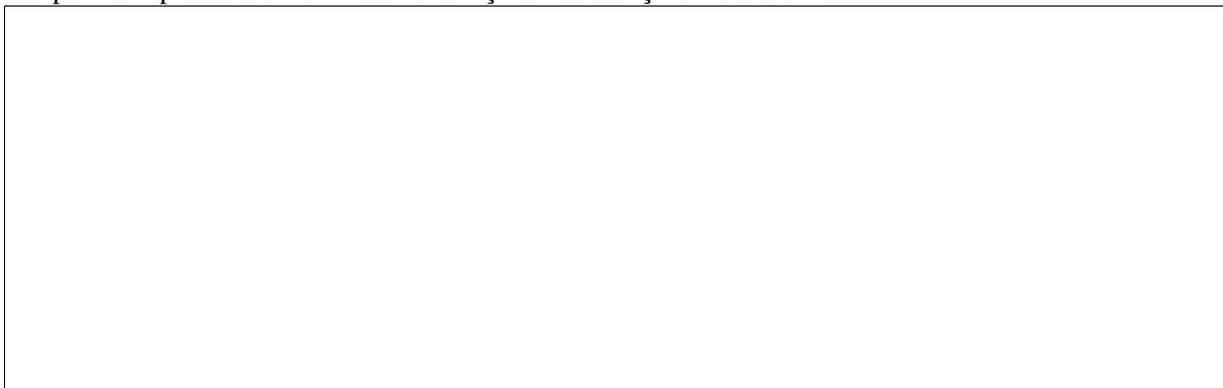
Escola: _____ Série: _____

Atividade 04 Produção do biodiesel

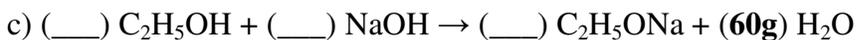
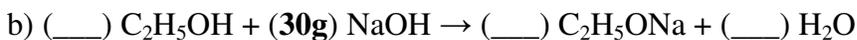
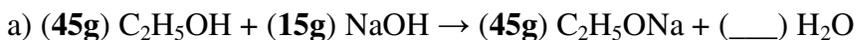
04. A equação abaixo representa a reação geral da produção de biodiesel.



Represente por meio de desenhos a reação de formação do biodiesel



05. Suponha que as reações a seguir ocorram em um **sistema fechado**. Preencha os espaços em branco com números referentes aos valores de massa, sabendo que cada bolinha pesa 5 gramas.



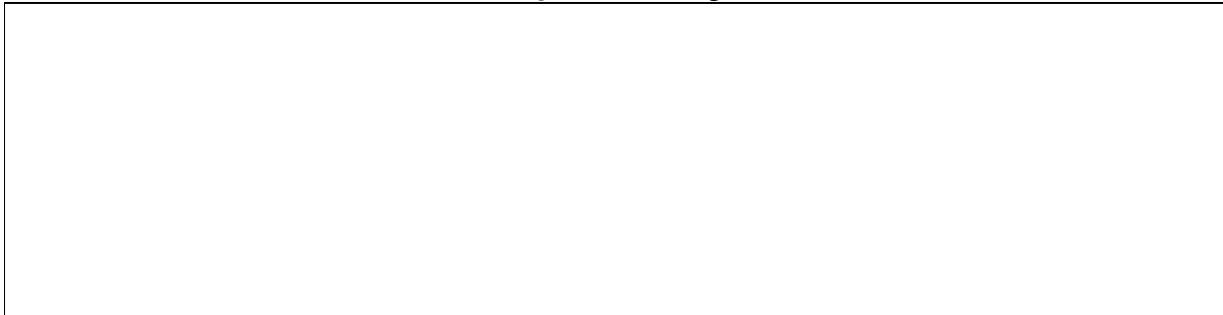
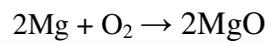
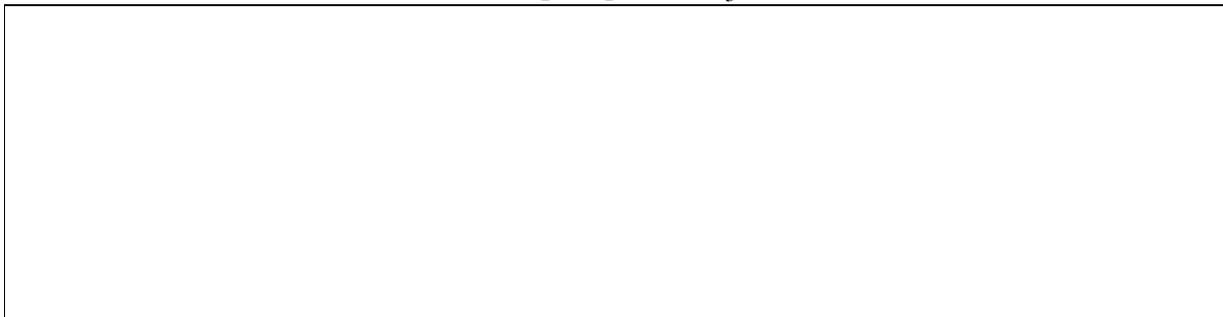
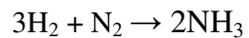
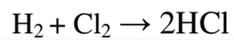
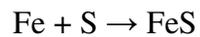
Apêndice 15

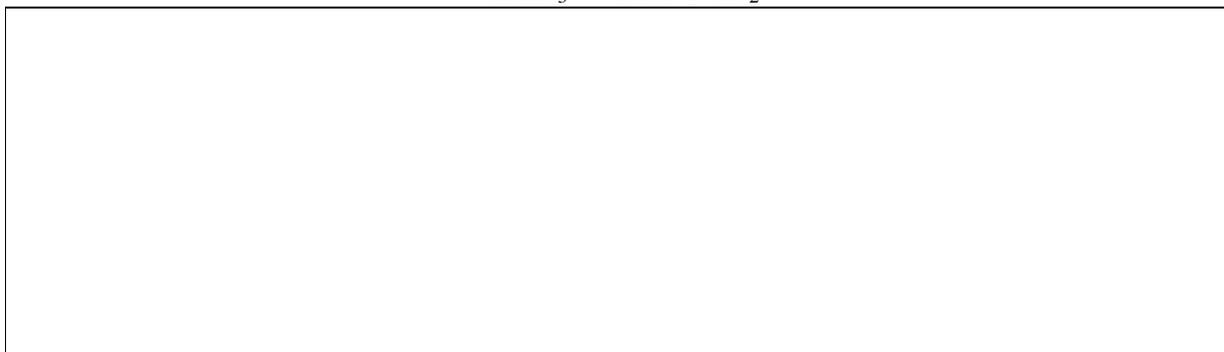
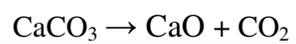
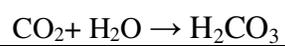
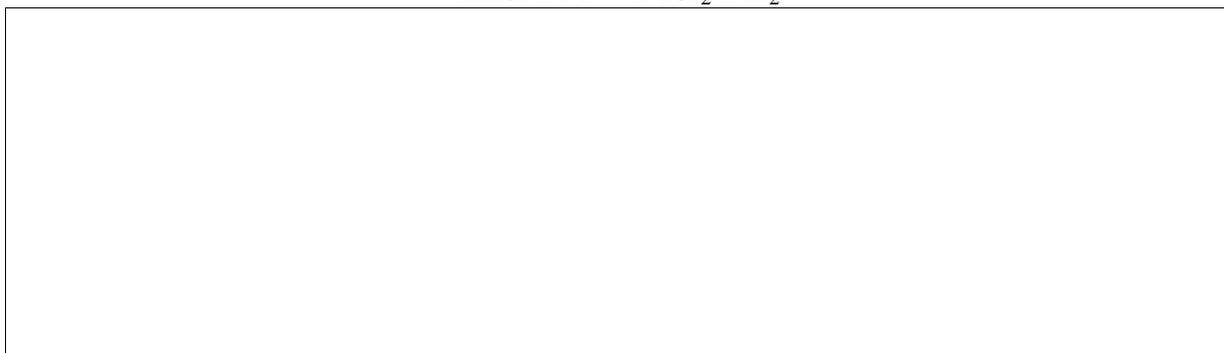
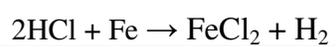
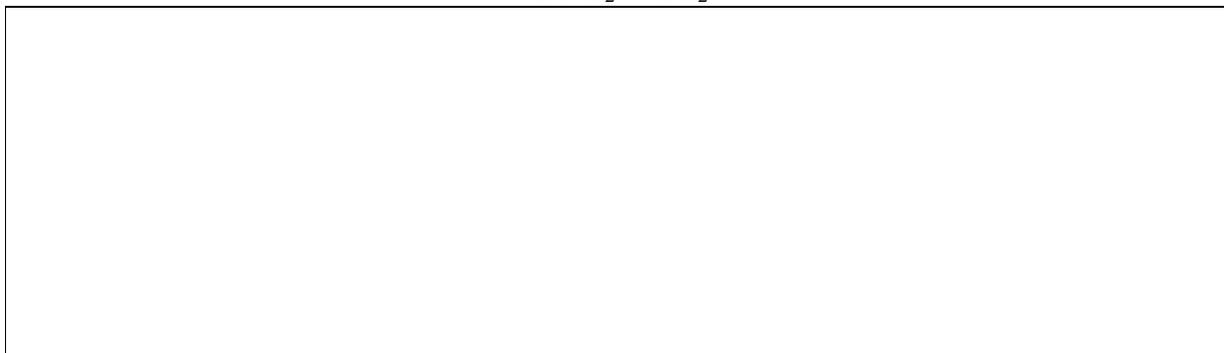
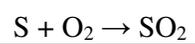
Nome: _____

Escola: _____ Série: _____

Atividade 05

01. Represente por meio de desenhos as reações a seguir:





09. O que você achou das atividades utilizando os modelos moleculares desenvolvidas durante a semana?

10. Foi mais fácil representar as moléculas durante o minicurso?

11. Em sua opinião, quais foram os aspectos positivos do projeto?

12. Em sua opinião, quais foram os aspectos negativos do projeto?

13. Faça uma avaliação geral da Semana enfocando as principais contribuições para a sua formação.

14. Faça uma avaliação da atuação do professor durante o minicurso

15. Utilize o espaço a seguir caso queira fazer algum comentário adicional, inclusive o verso da folha.
