

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA - PPGE CIM

ALINE SAMARA LIMA DE JESUS

USO DA MODELAGEM COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA
POTENCIALIZAR O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE
OXIRREDUÇÃO SOB O OLHAR MICROSCÓPICO

MANAUS/AM
2025

ALINE SAMARA LIMA DE JESUS

USO DA MODELAGEM COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA
POTENCIALIZAR O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE
OXIRREDUÇÃO SOB O OLHAR MICROSCÓPICO

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
no Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências e Matemática, do
Instituto de Ciências Exatas, da
Universidade Federal do Amazonas.

ORIENTADOR: PROF. DR. ETTORE PAREDES ANTUNES

MANAUS/AM
2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

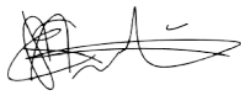
-
- J58u Jesus, Aline Samara Lima de
 Uso da modelagem como estratégia didática para potencializar o
 processo de ensino e aprendizagem de oxirredução sob o olhar
 microscópico / Aline Samara Lima de Jesus. - 2025.
 189 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Ettore Paredes Antunes.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa
 de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Manaus, 2025.
1. Modelos Mentais. 2. Ensino Fundamentado em Modelagem. 3. Níveis
 representacionais. 4. Experimentação. I. Antunes, Ettore Paredes. II.
 Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em
 Ensino de Ciências e Matemática. III. Título
-

Aline Samara Lima de Jesus

“Uso da modelagem como estratégia didática para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de oxirredução sob o olhar microscópico”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIM da Universidade Federal do Amazonas/UFAM, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

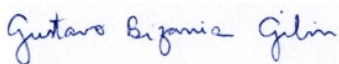
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ettore Paredes Antunes
Presidente da Banca

 Documento assinado digitalmente
IRLANE MAIA DE OLIVEIRA
Data: 20/03/2025 10:26:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Irlane Maia de Oliveira
Membro Interno



Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin
Membro Externo

A minha avó Naza (*in memoriam*), que não pode me ver formada, mas que em vida foi a pessoa que mais sentiu orgulho das minhas conquistas.

AGRADESCIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me abençoado e guiado pelos caminhos que me lavaram a alcançar todos os objetivos que tracei em minha vida. Sou grata por ter me dado forças sempre que as dificuldades surgiam.

Aos meus pais, Rita e Alailson, que nunca mediram esforços para me fazer chegar onde cheguei, por me ajudarem a realizar o sonho de ser a primeira da família a cursar o nível superior, e agora o mestrado.

Aos meus antigos professores, Professor Jesimiel por ter me influenciado a gostar de Química no ensino médio e me fazer começar a vê-la como parte do meu cotidiano; ao Professor Enéias, que no curso técnico me ensinou sobre persistência e sobre a importância de ser um bom professor, e a Professora Klenicy que durante a graduação, foi responsável por me inserir no campo da pesquisa e ser um exemplo de orientadora, professora, pesquisadora e mãe.

Aos meus colegas de mestrado, Malena, Ana Camila por fazerem esse período do mestrado ser um pouco menos solitário.

À Professora Katiuscia dos Santos, Professora Irlane Maia e Professor Gustavo Gibin, que aceitaram participar da banca de qualificação e defesa e deram contribuições essenciais para a evolução desta pesquisa.

À gestão da escola, à professora Kamila, e aos alunos que aceitaram fazer parte desta pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Ettore Paredes, por todos esses anos de orientação, pela paciência, pelos bons conselhos e principalmente por sempre me dar autonomia na pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de estudos.

Deixa eu me apresentar
Que eu acabei de chegar
Depois que me escutar
Você vai lembrar meu nome

É que eu sou de um lugar
Onde o céu molha o chão
Céu e chão gruda no pé
Amarelo, azul e branco

[..]Ao meu passado,
eu devo o meu saber
e a minha ignorância
As minhas necessidades,
as minhas relações
A minha cultura e o meu corpo
Que espaço o meu passado deixa para a minha
liberdade hoje?
Não sou escrava dele

Meu caminho é novo
Mas meu povo não
Meu coração de fogo vem do coração do meu país

Meu caminho é novo, mas meu povo não
O Norte é a minha seta, o meu eixo, a minha raiz
E quando eu canto cor, e quando eu grito cor
Quando eu espalho cor, eu conto a minha história

Ana Caetano/ Vitória Falcão/ Rita Lee

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo geral investigar a relação entre o aspecto microscópico das atividades experimentais de modelagem e a aprendizagem do conteúdo de oxirredução. E para alcançar esse objetivo, foram seguidos os seguintes objetivos específicos: I. Elaborar e expressar os modelos mentais prévios dos alunos sobre oxirredução; II. Analisar a transição entre os níveis representacionais e as modificações dos modelos mentais durante atividades experimentais de oxirredução com o auxílio do microscópio USB; III. Avaliar a influência dos aspectos experimentais nos modelos mentais em relação ao processo de ensino e aprendizagem. A metodologia adotada foi qualitativa, utilizando uma variedade de instrumentos de coleta de dados, como formulário de conhecimentos prévios, folhas de atividades, entrevistas do tipo *teachback* e grupo focal. Os participantes foram 40 estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública de Manaus/AM, divididos em seis grupos. As atividades ocorreram ao longo de oito encontros: um para a aplicação do formulário inicial, cinco para atividades práticas de modelagem, um para entrevistas e outro para o grupo focal. As atividades de modelagem foram desenvolvidas visando potencializar a compreensão das características de oxirredução, promovendo uma transição entre os diferentes níveis representacionais. Os resultados indicaram que as atividades experimentais de modelagem, associadas ao uso do microscópio USB, facilitaram a visualização das especificações submicroscópicas, resultando em uma melhor compreensão dos processos de oxirredução. Os estudantes evoluíram em seus modelos mentais, aprimorando suas representações ao longo das atividades e transições mais consistentes entre os níveis representacionais. O grupo focal, em particular, revelou percepções e reflexões que não foram capturadas durante as atividades práticas, mostrando a importância do diálogo e da reflexão coletiva para a consolidação do conhecimento. As evidências encontradas sugerem que o uso de atividades experimentais e a modelagem são estratégias eficazes para promover a aprendizagem significativa de conceitos abstratos. A pesquisa reforça a importância de atividades planejadas que considerem o contexto do aluno, desenvolvam suas habilidades científicas e promovam uma visão crítica e reflexiva sobre o processo de construção do conhecimento. Futuros desdobramentos incluem a exploração de outras características químicas com base em modelagem e investigação sobre o impacto a longo prazo dessas práticas pedagógicas.

Palavras-chave: Modelos Mentais; Ensino Fundamentado em Modelagem; Níveis representacionais.

ABSTRACT

The main objective of this research was to investigate the relationship between the microscopic aspect of experimental modeling activities and the learning of oxidation-reduction content. To achieve this goal, the following specific objectives were followed: I. To develop and express students' previous mental models about oxidation-reduction; II. To analyze the transition between representational levels and the modifications of mental models during experimental oxidation-reduction activities with the aid of the USB microscope; III. To evaluate the influence of experimental aspects on mental models in relation to the teaching and learning process. The methodology adopted was qualitative, using a variety of data collection instruments, such as prior knowledge forms, activity sheets, teachback interviews and focus groups. The participants were 40 second-year high school students from a public school in Manaus/AM, divided into six groups. The activities took place over eight meetings: one for the application of the initial form, five for practical modeling activities, one for interviews and another for the focus group. The modeling activities were developed to enhance the understanding of the redox characteristics, promoting a transition between the different representational levels. The results indicated that the experimental modeling activities, associated with the use of the USB microscope, facilitated the visualization of the submicroscopic specifications, resulting in a better understanding of the redox processes. The students evolved in their mental models, improving their representations throughout the activities and more consistent transitions between the representational levels. The focus group, in particular, revealed perceptions and reflections that were not captured during the practical activities, showing the importance of dialogue and collective reflection for the consolidation of knowledge. The evidence found suggests that the use of experimental activities and modeling are effective strategies to promote meaningful learning of abstract concepts. The research reinforces the importance of planned activities that consider the student's context, develop their scientific skills and promote a critical and reflective view on the process of knowledge construction. Future developments include the exploration of other chemical characteristics based on modeling and investigation into the long-term impact of these pedagogical practices.

Keywords: Mental Models; Modeling-Based Teaching; Representational Levels.

Lista de figuras

Figura 1: Diagrama Modelo de Modelagem	20
Figura 2: Diagrama Modelo de Modelagem v2	22
Figura 3: Triangulo de Johnstone.....	27
Figura 4: Microscópio USB de baixo custo	29
Figura 5: Interface do programa Digital Viewer.....	30
Figura 6: Capturas feitas com o microscópio USB	31
Figura 7: Diagrama de transição da pesquisa.....	32
Figura 8: Triangulação da pesquisa.....	43
Figura 9: Espaço onde as atividades da pesquisa foram realizadas.....	46
Figura 10: Gráfico que representa as respostas para a questão 1 do formulário.	49
Figura 11: Diferentes representações para a dissolução do sal em água	50
Figura 12: Influência da temperatura em relação a movimentação das moléculas de água.	51
Figura 13: Esquema utilizado na questão 4 do formulário de conhecimentos prévios.	52
Figura 14: Esquema utilizado na questão 5 do formulário de conhecimentos prévios	53
Figura 15: Aplicativo utilizado para usar o microscópio USB no celular.....	54
Figura 16: Materiais avulso e caixa multiuso.....	55
Figura 17: Exemplos de oxirredução abordados no encontro 1	56
Figura 18: Recorte de vídeo do Youtube: usando uma batata para acender uma lâmpada	58
Figura 19: Recorte de vídeo do Youtube que mostra o truque por trás do vídeo anterior	59
Figura 20: Kit de materiais para o experimento da pilha do limão	60
Figura 21: Montagem do circuito da pilha	60
Figura 22: Circuito da pilha fechado.....	61
Figura 23: Utilização do microscópio USB no E2	62
Figura 24: Uso do microscópio USB no experimento de oxidação do ferro no E3	64
Figura 25: Imagem capturada pelo microscópio USB e projetada na sala.....	64
Figura 26: Kit montado para atividade prática do E4	66
Figura 27: Uso do microscópio USB no E4.....	66
Figura 28: Visualização macroscópica do escurecimento enzimático das frutas no E4	67
Figura 29: Socialização do modelo mais coerente do G1 no E4.....	68
Figura 30: Representação do triângulo do fogo utilizada no E5	69
Figura 31: Realização do experimento no E5	70
Figura 32: Queima da palha de aço observada com o microscópio USB	71
Figura 33: Apresentação do modelo mais coerente do G2 no E5	72
Figura 34: Modelo expresso pelo grupo 2.....	86
Figura 35: Modelo expresso pelo grupo 5.....	86
Figura 36: Modelo expresso pelo grupo 3.....	86
Figura 37: Modelo expresso pelo grupo 4.....	87
Figura 38: Modelo expresso pelo G6	88
Figura 39: Modelo expresso pelo G1	88
Figura 40: Captura no microscópio USB	88
Figura 41: Modelo expresso pelo G3	89
Figura 42: Modelo expresso pelo G1	90
Figura 43: Modelo expresso pelo G1	91
Figura 44: Modelo expresso pelo G4.....	92
Figura 45: Uso do microscópio USB no celular.....	98
Figura 46: Projeção da imagem capturada no microscópio USB.....	98
Figura 47: Modelo selecionado pelo G1 no E1.....	115
Figura 48: Modelo selecionado pelo G2 no E1.....	116
Figura 49: Modelo selecionado pelo G3 no E1.....	117
Figura 50: Modelo selecionado pelo G4 no E1.....	118
Figura 51: Modelo selecionado pelo G5 no E1.....	118
Figura 52: Modelo selecionado pelo G6 no E1.....	119

Figura 53: Modelo selecionado pelo G1 no E2.....	120
Figura 54: Modelo selecionado pelo G2 no E2.....	121
Figura 55: Modelo selecionado pelo G3 no E2.....	122
Figura 56: Modelo selecionado pelo G4 no E2.....	123
Figura 57: Modelo selecionado pelo G5 no E2.....	124
Figura 58: Modelo selecionado pelo G6 no E2.....	125
Figura 59: Modelo selecionado pelo G1 no E3.....	126
Figura 60: Modelo selecionado pelo G2 no E3.....	127
Figura 61: Modelo selecionado pelo G3 no E3.....	128
Figura 62: Modelo selecionado pelo G4 no E3.....	129
Figura 63: Modelo selecionado pelo G5 no E3.....	130
Figura 64: Modelo selecionado pelo G6 no E3.....	131
Figura 65: Modelo selecionado pelo G1 no E4.....	132
Figura 66: Modelo selecionado pelo G2 no E4.....	133
Figura 67: Modelo selecionado pelo G3 no E4.....	134
Figura 68: Modelo selecionado pelo G4 no E4.....	135
Figura 69: Modelo selecionado pelo G5 no E4.....	136
Figura 70: Modelo selecionado pelo G6 no E4.....	137
Figura 71: Modelo selecionado pelo G2 no E5.....	139
Figura 72: Modelo selecionado pelo G3 no E5.....	140
Figura 73: Modelo selecionado pelo G4 no E5.....	141
Figura 74: Modelo selecionado pelo G5 no E5.....	142
Figura 75: Modelo selecionado pelo G6 no E5.....	143

Lista de quadros

Quadro 1: Resumo das folhas de atividades.....	41
Quadro 2: Composição dos grupos	47
Quadro 3: Contextualização dos experimentos	80
Quadro 4: Critérios de avaliação dos Modelos Mentais expressos	114

Lista de abreviaturas e siglas

ATD – Análise textual discursiva

CD – *Compact disc*

DMM – Diagrama Modelo de Modelagem

DMM V.2 – Diagrama Modelo de Modelagem versão dois

EFM – Ensino Fundamentado em Modelagem

GF – Grupo focal

MBT - *Modelling-based Teaching*

MM – Modelos Mentais

NDC – Natureza da Ciência

USB – Porta Serial Universal

V- Volts

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	14
2	QUADRO TEÓRICO DA PESQUISA.....	18
2.1	A MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS	18
2.2	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA.....	24
3	QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS	34
4	PERCURSO METODOLÓGICO	35
4.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA	35
4.2	AMBIENTE DA PESQUISA	36
4.3	INSTRUMENTOS DA INVESTIGAÇÃO.....	36
4.3.1	<i>Formulário de conhecimentos prévios</i>	<i>37</i>
4.3.2	<i>Grupo Focal</i>	<i>38</i>
4.3.3	<i>Folha de atividades</i>	<i>38</i>
4.3.4	<i>Entrevistas individuais</i>	<i>42</i>
4.4	INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	42
4.5	ANÁLISE DOS DADOS	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1	PARTICIPANTES DA PESQUISA	45
5.2	ENCONTROS	48
5.2.1	<i>Encontro 0: Apresentação.....</i>	<i>48</i>
5.2.2	<i>Encontro 1: Conhecendo a modelagem</i>	<i>54</i>
5.2.3	<i>Encontro 2: Se a vida te der um limão, faça uma...pilha eletroquímica!.....</i>	<i>58</i>
5.2.4	<i>Encontro 3: Como evitar a oxidação do ferro?</i>	<i>62</i>
5.2.5	<i>Encontro 4: Por que as frutas escurecem?</i>	<i>65</i>
5.2.6	<i>Encontro 5: Qual a diferença entre combustão e oxidação?.....</i>	<i>68</i>
5.2.7	<i>Encontro 6: Grupo focal</i>	<i>73</i>
5.2.8	<i>Encontro 7: Entrevistas.....</i>	<i>74</i>
5.3	EXPERIMENTAÇÃO	76
5.3.1	<i>Importância de atividades práticas no ensino de Química</i>	<i>76</i>
5.3.2	<i>A contextualização e a aprendizagem</i>	<i>79</i>
5.3.3	<i>Transição entre os níveis representacionais</i>	<i>83</i>
5.3.4	<i>Influência da visão sub-microscópica na expressão dos MM.....</i>	<i>92</i>
5.4	ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM.....	103
5.4.1	<i>Compreensão do processo do “fazer Ciência”</i>	<i>103</i>
5.4.2	<i>Desenvolvimento de habilidades científicas.....</i>	<i>108</i>
5.4.3	<i>Representação dos modelos X coerência</i>	<i>113</i>
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	148
	REFERÊNCIAS	154

APÊNDICES.....	161
APÊNDICE 1: FOLHA DE ATIVIDADES 1 – ENCONTRO 1.....	161
APÊNDICE 2: FOLHA DE ATIVIDADES 2 – ENCONTRO 2.....	163
APÊNDICE 3: FOLHA DE ATIVIDADES 3 – ENCONTRO 3.....	165
APÊNDICE 4: FOLHA DE ATIVIDADES 4 – ENCONTRO 4.....	167
APÊNDICE 5: FOLHA DE ATIVIDADES 5 – ENCONTRO 5.....	169
APÊNDICE 6: FOLHAS DE ATIVIDADES “VERSÃO MEDIADOR ENCONTRO 1	171
APÊNDICE 7: FOLHAS DE ATIVIDADES “VERSÃO MEDIADOR” ENCONTRO 2	172
APÊNDICE 8: FOLHAS DE ATIVIDADES “VERSÃO MEDIADOR” ENCONTRO 3	173
APÊNDICE 9: FOLHAS DE ATIVIDADES “VERSÃO MEDIADOR” ENCONTRO 4	174
APÊNDICE 10: FOLHAS DE ATIVIDADES “VERSÃO MEDIADOR” ENCONTRO 5	175
APÊNDICE 11: ROTEIRO EXPERIMENTAL DO ENCONTRO 2.....	176
APÊNDICE 12: ROTEIRO EXPERIMENTAL DO ENCONTRO 3.....	177
APÊNDICE 13: ROTEIRO EXPERIMENTAL DO ENCONTRO 4.....	178
APÊNDICE 14: ROTEIRO EXPERIMENTAL DO ENCONTRO 5.....	179
APÊNDICE 15: MODELOS EXPRESSOS NO E1	180
APÊNDICE 16: MODELOS EXPRESSOS NO E2	181
APÊNDICE 17: MODELOS EXPRESSOS NO E3	182
APÊNDICE 18: MODELOS EXPRESSOS NO E4	183
APÊNDICE 19: MODELOS EXPRESSOS NO E5	184
APÊNDICE 20: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS MODELOS MENTAIS EXPRESSOS	185
APÊNDICE 21: ROTEIRO DA ENTREVISTA	186
APÊNDICE 22: PERGUNTAS BASE PARA AS REFLEÇÕES NO GRUPO FOCAL	187

1 APRESENTAÇÃO

“Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas transformam o mundo”.

Paulo Freire

A força que move essa pesquisadora a alcançar seus objetivos pessoais e profissionais sempre esteve fortemente associada com a educação. Paraense, nascida na garganta do rio Amazonas, filha de mãe artesã e pai pescador, sempre ouviu que a única alternativa de mudar a realidade da família era por meio da educação.

Nessa trajetória, o primeiro grande desafio que surgiu foi adentrar a universidade, visto que na cidade natal, havia apenas um curso de nível superior: pedagogia. Não satisfeita com a opção, ir para outro município foi a única alternativa, e o ENEM, por meio do SISU, abriu as portas para que em 2018 pudesse cursar licenciatura em Química na Universidade Federal do Amazonas.

A partir do primeiro semestre da graduação, muitos colegas falavam sobre a área da Química que mais lhes agradava, e as respostas sempre estavam relacionadas as disciplinas de “Química dura”, e pessoalmente, ainda não havia encontrado essa resposta. E foi no contexto da disciplina Química e Sociedade que essa resposta começou a ser formulada e tendenciada para o Ensino de Química.

No geral, as disciplinas de Ensino eram vistas com pouca relevância no curso, porém, sempre tiveram grande significância no contexto formativo em questão, e atrelado a isso, o acesso ao grupo de pesquisa Laboratório de Filosofia e Ensino de Ciências (LAFECI) proporcionou o contato mais próximo com o Ensino de Ciências e suas reflexões.

Outro ponto importante nessa trajetória foi a participação no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e no Programa Residência Pedagógica, que juntos foram responsáveis por mostrar a beleza e os desafios da docência, além de proporcionarem ajuda financeira por meio das bolsas.

Nesse período foi possível ver e aplicar na prática teorias que haviam sido estudadas durante a graduação, e nesse contexto que foi percebido uma grande distância entre a teoria estudada em sala de aula e a prática conhecida pelos alunos, e investigar

essa lacuna foi a primeira motivação que surgiu para a realização da pesquisa do mestrado.

Finalizando a graduação, e já imersa na pesquisa no Ensino de Ciências, a Modelagem “surge” como uma possibilidade de ver o Ensino de um novo ângulo, de proporcionar aos alunos um contexto onde entendam como ocorre o processo de construção da Ciência e possibilite fazer relações coerentes entre teoria e prática, facilitando a associação ao nível submicroscópico.

E no contexto dessa pesquisa, o referencial teórico adotado para inserção do Ensino fundamentado em modelagem, são as pesquisas realizadas e orientadas por Rosária Justi. A escolha desse referencial teórico se deu pela admiração e identificação pessoal e profissional com a autora, por ser uma mulher, licenciada em Química e reconhecida por suas grandes contribuições no campo da modelagem e do Ensino de Ciências.

O Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM), conhecido em inglês como *Modelling-based Teaching* (MBT), é uma abordagem pedagógica que promove a aprendizagem de Ciências por meio da participação ativa dos estudantes em atividades de modelagem (Justi, 2015). Essa metodologia se destaca por facilitar a visualização e compreensão de conceitos abstratos, uma vez que, ao criar estruturas para explorar seu objeto de estudo e testar seus modelos, os estudantes desenvolvem conhecimentos mais flexíveis e abrangentes (Ferreira e Justi, 2008, p. 33).

Diversos estudos (por exemplo, Maia e Justi, 2009, 2020; Mendonça e Justi, 2013; Oliveira; Acher, Arcà e Sanmartí, 2007; Barab et al., 2000; Clement, 2008a, 2008b) têm demonstrado resultados positivos na aprendizagem de estudantes envolvidos em atividades de EFM.

Sustentada por esse referencial teórico, fomos a campo com o seguinte problema de pesquisa: Qual a influência de atividades experimentais de modelagem mediadas por um microscópio na aprendizagem de oxirredução em alunos do EM? E com o objetivo geral de investigar a relação entre o aspecto microscópico das atividades experimentais de modelagem e a aprendizagem do conteúdo de oxirredução.

Para alcançar o objetivo geral, foram construídos instrumentos de coleta de dados que nos auxiliassem a: I. Elaborar e expressar os Modelos Mentais prévios dos alunos sobre oxirredução; II. Analisar a transição entre os níveis representacionais e as modificações dos MM durante atividades experimentais de oxirredução com o auxílio do microscópio USB; e, III. Avaliar a influência dos aspectos experimentais nos MM em

relação ao processo de ensino e aprendizagem.

Esses três objetivos específicos foram alcançados ao longo dos oito encontros programados, e a partir da análise posterior dos dados, que foram triangulados e analisados com base na análise textual discursiva de Moraes e Galiazzi (2011).

A coleta dos dados dessa pesquisa surpreendeu positivamente, tanto pelo funcionamento do planejamento pré-estabelecido, quanto pelo empenho dos estudantes, riqueza de detalhes extraídos nas etapas da modelagem, e toda a criticidade dos estudantes, verbalizados a partir das entrevistas e do grupo focal.

Toda essa sequência contribuiu para um processo de escrita fluido e comprometido em cumprir todo o rigor da pesquisa científica, sem deixar de refletir sobre todos os processos que influenciaram os resultados obtidos a partir da interpretação de uma pesquisadora, sustentada por referenciais teóricos sólidos e difundidos no campo no Ensino de Ciências.

No sentido de situar a lacuna onde essa pesquisa está inserida, Souza (2021) contribui afirmando que: a busca por ferramentas práticas do Ensino de Ciências é fundamental para contornar os conhecidos problemas do ensino tradicional (Souza, 2021). Desta forma, a utilização de recursos para a dinamicidade e praticidade das aulas de Ciências contribui significativamente para a motivação e aprendizagem dos alunos (Bizzo, 2009; Becker, 1992).

Uma das principais dificuldades do processo de ensino e aprendizagem de Química é apontada por Bueno *et al.* (2008), como a existência de uma grande lacuna entre teoria e prática, que consiste na atividade prática ocorrendo no contexto do manuseio e transformação de substâncias nos laboratórios e nas indústrias, quando então se trabalha em nível macroscópico, isto é, em materiais visíveis, já a atividade teórica se verifica quando se procura explicar a matéria, em nível microscópico.

Souza e Cardoso (2008) destacam que as dificuldades do ensino e aprendizagem de Química ocorrem por conta da ausência de compreensão e domínio do universo macroscópico, representacional e microscópico, sendo imprescindível a transição entre esses três níveis do conhecimento para a solidificação da aprendizagem.

Nesse contexto, observamos como a Química se estabelece nas salas de aula hoje em dia, em uma realidade onde os professores e alunos tem dificuldades em transitar entre os níveis macro, micro e representacional, mesmo sabendo que existe uma relação irreduzível entre teoria e prática que deveria ser trabalhada por meio de atividades que

evidenciem ainda mais essas transições. Diante disso, emerge a necessidade de o Ensino de Ciências se basear em abordagens que favoreçam o desenvolvimento de uma fluência nessa transição (Justi *et al.*, 2009).

Além das dificuldades já mencionadas, a área de eletroquímica e reações de oxirredução apresenta desafios específicos para o ensino e aprendizagem. A abstração envolvida nos processos eletroquímicos torna complexa a compreensão das especificações que ocorrem em nível microscópico, como a transferência de elétrons.

As dificuldades de aprendizagem em eletroquímica, particularmente no conceito de oxirredução, são amplamente reconhecidas na literatura devido à complexidade do conteúdo e à abstração envolvida nos processos. O estudo de oxirredução exige que os estudantes compreendam não apenas a troca de elétrons entre espécies químicas, mas também como esses processos afetam as propriedades observáveis dos materiais.

Essa inter-relação entre os níveis microscópico (troca de elétrons), macroscópico (transformações visíveis) e representacional (fórmulas Químicas e equações) muitas vezes se perde nas aulas teóricas, criando lacunas significativas na compreensão dos estudantes (Bueno *et al.*, 2008; Souza e Cardoso, 2008).

O uso do microscópio, por sua vez, é uma ferramenta essencial para aproximar os estudantes do universo microscópico. No entanto, conforme aponta Oliveira (2010), há uma carência de formação específica dos professores para a utilização e aplicação pedagógica pertinente desse instrumento. Essa lacuna resulta em um subaproveitamento do microscópio como recurso didático, limitando a possibilidade de os alunos visualizarem estruturas e especificações que seriam inacessíveis a olho nu, e, conseqüentemente, dificultando a compreensão do conteúdo.

A experimentação no ensino de Química é fundamental para superar as barreiras entre teoria e prática. Segundo Oliveira (2012), a implementação de atividades experimentais promove um aprendizado mais significativo, pois permite que os estudantes construam o conhecimento de forma ativa.

No entanto, a realização de experimentos é muitas vezes limitada por questões como falta de infraestrutura nos laboratórios escolares, escassez de materiais e reagentes, além de restrições de tempo no currículo escolar.

Considerando esses fatores, propomos investigar e aprofundar os estudos no campo do Ensino sobre o uso da modelagem como estratégia didática para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Química, em especial na presente proposta, o conteúdo de oxirredução.

2 QUADRO TEÓRICO DA PESQUISA

A partir das leituras realizadas, e com o intuito de compreender a relevância da inserção e discussão de aspectos explícitos e integrados do Ensino Fundamentado em Modelagem (EFM) para a pesquisa em Educação em Ciências, mais especificamente para o ensino e aprendizagem de oxirredução, discutiremos os principais aspectos do referencial que sustenta esta pesquisa, e como se relaciona com as demais pesquisas produzidas recentemente.

2.1 A MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nas últimas décadas, muito tem se discutido sobre o papel da modelagem no ensino de Ciências. Justi (2015) afirma que isso é evidenciado pela grande quantidade de pesquisadores que tem discutido esse assunto (Cartwright, 1997; Giere, 1999; Morgan e Morrison, 1999; Suárez, 1999).

Estudos como os de Justi e Gilbert (2002) apontam as atividades de modelagem como um rico contexto que viabiliza o desenvolvimento do conhecimento dos alunos sobre os princípios e o processo de construção da Ciência, além de propor uma estrutura de “modelo de modelagem”.

Gibin (2020) aponta que as discussões sobre as definições relacionadas aos modelos começam por volta de 1983, apresentados em dois livros, o primeiro chamado *Mental models* apresentou artigos teóricos e pesquisas práticas e foi organizado por Gentner e Stevens (1983).

O segundo livro intitulado *Mental models: “Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness”* foi escrito por Johnson-Laird (1983), ele conceituou modelo mental, e o diferenciou dos construtos mentais já definidos. O termo “modelos mentais” foi introduzido por Peter Johnson-Laird, um psicólogo cognitivo britânico, em sua teoria sobre o processamento mental humano.

De acordo com Johnson-Laird (1983), os modelos mentais são representações internas que as pessoas constroem para compreender o mundo ao seu redor. Essas representações são utilizadas para raciocinar, compreender eventos, fazer previsões e tomar decisões.

Halloun (1996) define modelo mental de forma bem semelhante a Johnson-Laird (1983), no entanto, ele enfatiza o processo de modelagem e o define como “Uma atividade

sistemática para desenvolver e aplicar o conhecimento científico em física (ou qualquer ciência)” (Halloun,1996, p. 1021). Ele ainda afirma que o processo de modelagem está em um cunho mais pedagógico, e que a expectativa é que: “Ao aprender a estruturar o conteúdo da teoria da física em torno de modelos e a resolver problemas por modelagem, os alunos alcancem uma compreensão significativa da física[...]”.

Nersessian (1992) contribui afirmando que teremos mais sucesso se o estudante trabalhar como cientista, que ele seja formado para pensar cientificamente, para que se torne especialista em determinada Ciência. Dessa forma, ela propõe que a modelagem seja utilizada como uma metodologia de ensino capaz de transformar alunos em cientistas.

Segundo Coll, France e Taylor (2005), os modelos e a modelagem consistem em produtos e processos fundamentais no ensino de ciências. Gibin (2020) lista os principais pesquisadores que refletem sobre a relevância do processo da modelagem no ensino de Ciências, e no contexto de Química, temos os trabalhos de Barab *et al.* (2000), Buty e Mortimer (2008), Maia e Justi (2009), Mendonça e Justi (2009), Nersessian (1999), Souza e Justi (2010, 2012) e Vosniadou (2002), que trazem contribuições significativas para a compreensão do uso e aplicação da modelagem, além de outras pesquisas mais atuais, como as de Barcelos (2024); Galavotti (2024);

Como vimos, não há um consenso na comunidade científica a respeito de uma definição única do que é a modelagem, contudo Gibin (2020) afirma que uma das visões mais aceitas é a de que um modelo consiste na representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema, elaborado com um objetivo específico.

Os estudos de Maia e Justi (2020) afirmam que os modelos são importantes para o processo científico, pelo fato de serem usados tanto na produção quanto na validação do conhecimento científico produzido pelos estudantes em sala de aula.

Outro fator importante, é que durante o processo de modelagem espera-se que os estudantes consigam construir, refletir e reformular seus modelos, para que estes evoluam e possam de fato ser validados por um grupo de pessoas, tendo em vista que os próprios modelos produzidos pelos cientistas nem sempre estão prontos e acabados.

No contexto da utilização dessa metodologia, é necessário entendermos que não existe uma sequência de passos lógicos ou de regras rígidas que devem ser seguidas na construção dos modelos, o que garante a não existência de uma visão única para esse processo (Justi, 2015).

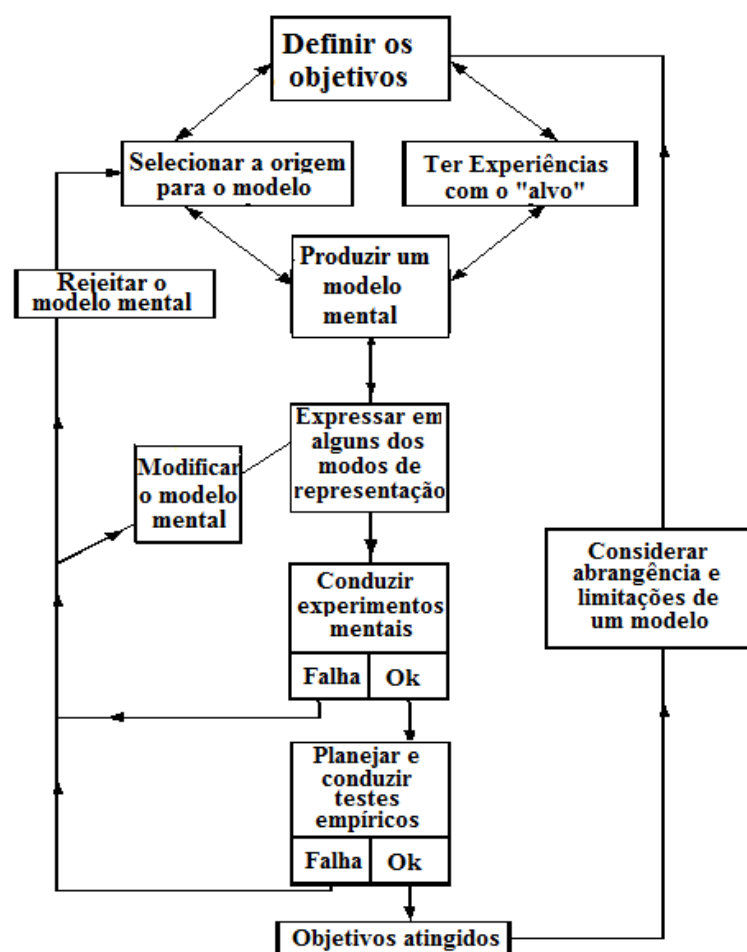
Em vários casos, admite-se que o processo de modelagem deve ser composto por algumas etapas, sendo elas: produção, teste e modificação de modelos, porém,

difícilmente essas etapas são descritas considerando os detalhes de cada ação e os objetivos propostos para cada atividade.

A partir dessa perspectiva, Justi e Gilbert (2002) perceberam que existiam poucas pesquisas que abordassem contextos reais e que descrevessem de forma clara como era aplicada essa metodologia de modo a contribuir para a melhoria do ensino de Ciências.

A partir dessa lacuna, Justi e Gilbert (2002) elaboraram um esquema chamado de Diagrama Modelo de Modelagem (DMM) (figura 1), com o intuito de sintetizar as principais etapas desse processo.

Figura 1: Diagrama Modelo de Modelagem



Fonte: Justi e Gilbert, 2002, p.357

Esse diagrama é uma ferramenta conceitual que descreve o processo de construção e uso de modelos no ensino de ciências. Ele busca representar as etapas envolvidas na modelagem científica, destacando como os modelos são criados, avaliados e revisados com base em evidências e na comparação com o sistema que se pretende modelar.

O DMM apresenta a relação entre as etapas mais relevantes do processo de criação e validação de um modelo. Esse diagrama não segue necessariamente uma sequência

linear, observável por meio das setas duplas presentes nele, representando também a influência que cada uma das etapas tem sobre o restante dos processos.

Esse diagrama não é única forma de se conduzir o processo de modelagem, mas é uma proposta bastante coerente, visto que foi desenvolvida a partir dos estudos de Justi e Gilbert (2002) sobre como cientistas elaboram modelos.

De acordo com Justi e Gilbert (2002), toda modelagem é realizada com um propósito, seja descrever o comportamento de um fenômeno, estabelecer as entidades em que se pensa consistir, atribuir as causas e efeito desses comportamentos, para ver como ele se comportará em diversas situações.

Corroborando com essa pesquisa, Justi (2006) afirma que o processo de modelagem deve começar a partir da definição clara de um propósito para a construção do modelo. Os propósitos podem ser, por exemplo, a descrição de relações de causa e efeito de um fenômeno ou a previsão do comportamento de um sistema (Mendonça e Justi, 2009, p.283).

Depois definir um propósito, é importante que o indivíduo traga suas experiências anteriores relacionadas ao que se pretende modelar, objetivando ter a “experiência com o alvo”, além de ser necessário selecionar uma origem para o modelo, que corresponde a utilização de diversos aspectos da realidade para traçar analogias ou recursos que possam auxiliar na representação do modelo mental inicial.

Essas etapas são a base do DMM, a partir delas, chega o momento em que o modelo mental inicial é elaborado de modo em que este esteja relacionado com o propósito estipulado inicialmente para a atividade, ainda podendo ser ajustado durante o processo.

Após a elaboração do modelo mental, é importante que o estudante decida como ele será expresso. Nesse processo é possível ocorrerem alterações em ambos, até que um esteja satisfatoriamente coerente com o conceito modelado. (Souza e Justi, 2011, p.5).

Após o modelo ter sido expresso, é ideal que ele seja testado, de modo a corrigir erros e inadequações presentes no modelo mental inicial. Esses testes podem acontecer por meio de experimentos empíricos ou experimentos mentais.

Para Justi (2006) Os testes mentais são utilizados quando o teste empírico se torna inviável por falta de recursos, sendo necessário o indivíduo realizar o teste mentalmente. Outra maneira de se aplicar o teste mental é o produzindo anteriormente a etapa do teste empírico, a fim de melhorar a execução prática do modelo, para minimizar gastos de materiais.

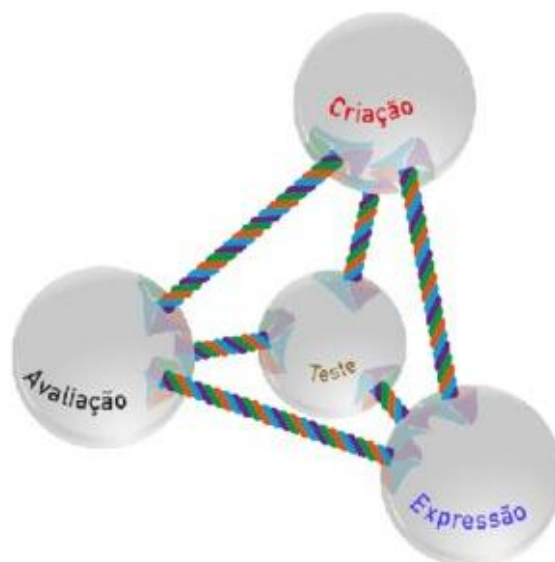
Nesse momento do processo de modelagem, deve-se observar se o modelo em teste é compatível com o objetivo estabelecido no início. Caso as previsões elaboradas a partir do modelo inicial não sejam compatíveis com os resultados obtidos nos testes, torna-se necessário modificar o modelo. (Mendonça e Justi, 2009).

Uma das principais características do DMM é justamente essa flexibilidade entre as etapas, que acaba por favorecer essas modificações, a fim de obter um modelo mais coerente possível com o objetivo proposto na atividade.

Após a obtenção de um modelo adequado, ele passa pela etapa de validação, onde ele será exposto a um grupo de pessoas, que farão a sua validação (ou não), esse processo será feito levando em consideração a aplicação do modelo em outros contextos. Mendonça e Justi, (2009) Compreendem que essa é uma etapa muito importante para serem levantadas as limitações do modelo, bem como a sua extensão e validade.

Apesar do DMM ter alcançado seu objetivo inicial, ele ainda era um modelo complexo, o que poderia comprometer sua aplicação. E na perspectiva de aperfeiçoar o Diagrama Modelo de modelagem proposto em 2002, Gilbert e Justi, (2016, p. 36) elaboraram o Diagrama modelo de modelagem v.2 (figura 2), ele foi revisado para refletir uma compreensão mais abrangente e detalhada do processo de modelagem, incorporando novos elementos e maior sofisticação nas interações representadas.

Figura 2: Diagrama Modelo de Modelagem v2



Fonte: Gilbert e Justi, 2016, p.36

A principal diferença em relação à versão original é que o DMM v2 enfatiza com

mais clareza a circularidade, a dinâmica e os contextos em que os modelos são utilizados e desenvolvidos, considerando o avanço das discussões sobre modelagem científica no ensino.

Esse novo modelo simplificado possui elementos que caracterizam o ensino fundamentado em modelagem como um processo dinâmico e não linear, evidenciado pela escolha do seu formato em tetraedro, modelo da Química onde todos os vértices são equidistantes, e podem ser girados em qualquer sentido, sem que a relação entre eles seja modificada. (Justi *et al.*, 2017).

No contexto do ensino de Ciências, o envolvimento dos alunos em atividades de modelagem caracteriza o que é chamado de ensino fundamentado em modelagem (EFM). (Justi, 2015, p.40). Essa proposta de ensino fundamentado em modelagem tem sido aplicada principalmente no contexto do ensino de ciências, buscando proporcionar uma experiência de aprendizado mais envolvente e construtiva. Ela destaca a importância de desenvolver nas crianças e jovens habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e compreensão profunda dos conceitos científicos.

Na tese de Martins (2020), por meio de uma revisão da literatura, a pesquisadora constatou que nos últimos 20 anos houveram investimentos dos pesquisados da área da educação em Ciências para desenvolver pesquisas que abordassem o ensino fundamentado em modelagem.

Gilbert e Justi (2016) afirmam que as atividades fundamentadas em modelagem podem contribuir para a aprendizagem mais ampla sobre Ciências, e para isso, discutem alguns aspectos da natureza do conhecimento científico que podem ser trabalhados utilizando o DMM v2.

Nesse sentido, alguns dos papéis essenciais que os modelos e o ensino fundamentado em modelagem desempenham no contexto educacional das ciências são: a representação de conceitos abstratos, pois os modelos podem ser representações simplificadas ou simulações de fenômenos complexos. Eles podem ajudar a tornar conceitos abstratos mais tangíveis e acessíveis aos estudantes, proporcionando uma visualização concreta do que está sendo estudado.

A construção de modelos também exige que os alunos entendam os conceitos científicos envolvidos. Ao criar modelos, os estudantes precisam considerar as interações entre variáveis, as relações causais e as implicações de suas representações, promovendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos estudados, por isso o EFM pode promover a compreensão conceitual aprofundada sobre determinado conteúdo.

De acordo com Mozzer e Justi (2018), o Ensino Fundamentado em Modelagem está relacionado às situações de ensino que possibilitam que o estudante vivencie os processos cognitivos associados à elaboração, avaliação e utilização de modelos (Mozzer e Justi, 2018).

Nesse sentido, outro aspecto é o desenvolvimento da habilidade do pensamento crítico. A modelagem envolve o raciocínio crítico e a resolução de problemas, pois quando estão envolvidos na produção dos modelos, os alunos precisam analisar dados, fazer escolhas fundamentadas, e avaliar a validade de seus modelos. Essas atividades promovem o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e tomada de decisão informada.

Algumas das principais características do EFM são: a aplicação Prática de Conhecimentos, pois a modelagem permite que os alunos apliquem os conhecimentos adquiridos em situações práticas, onde os alunos podem usar modelos para prever resultados, explicar observações e resolver problemas do mundo real, tornando o aprendizado mais aplicável e relevante.

Além do estímulo à criatividade, ao criar modelos, os alunos têm a oportunidade de expressar sua criatividade na representação de fenômenos, e isso pode incluir a proposição de soluções inovadoras, a criação de representações visuais originais e a exploração de diferentes abordagens para a resolução de problemas científicos.

A modelagem frequentemente envolve atividades em grupo, o que promove a colaboração entre os alunos. Eles podem discutir ideias, compartilhar perspectivas e trabalhar juntos na construção de modelos, desenvolvendo habilidades sociais e de comunicação.

No contexto desta pesquisa, o diagrama modelo de modelagem v2 (figura 2), foi utilizado como base para desenvolver as folhas de atividades contendo as quatro etapas do diagrama: criação, expressão, teste e avaliação. Essas etapas foram seguidas no decorrer das atividades e sua ordem variou conforme o desenvolvimento dos alunos em cada etapa.

2.2 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA

Os experimentos desempenham um papel essencial no fortalecimento das Ciências naturais desde o século XVII, até o ponto em que as leis que foram formuladas tiveram que passar pelo filtro das situações experimentais propostas, seguindo uma lógica

sequencial de formulação de hipóteses e testes consistentes.

Há cerca de 20 anos, pesquisas como as de Giordan (1999) já traçavam as principais contribuições da experimentação no Ensino de Ciências, afirmando que é de conhecimento dos professores o fato da experimentação despertar um forte interesse entre os alunos em diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos.

Por outro lado, não é incomum ouvir relatos de professores que afirmam que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas que estão em pauta.

No ensino de ciências a experimentação já é vista como meio para proporcionar uma melhor compreensão dos conteúdos, no entanto, como ela é empregada ainda é bastante questionada. Por isso, é necessário encontrar maneiras de usar as atividades experimentais com propósitos mais coerentes e bem definidos (Borges, 2002).

A experimentação se enquadra nas tendências teórico-metodológicas e tem um papel relevante na aprendizagem, pois pode instigar o aluno a pensar, a criar e a testar hipóteses, como também o faz se sentir atuante em sua aprendizagem (Schnetzler, 2002).

Dessa forma, a Experimentação tem um papel relevante na aprendizagem escolar e o laboratório parece ser fundamental no Ensino de Ciências; assim, pensar em descartá-lo seria destruir a Ciência em seu contexto (Hodson, 1994).

É neste sentido que a utilização de estratégias que se baseiam em atividades práticas/experimentais, e na demonstração tem sido uma alternativa didática eficiente para o processo ensino-aprendizagem, visto que oferecem uma visão prática do que é estudado teoricamente. (Santos e Menezes, 2020).

Especialmente no ensino de Química, essa estratégia vem sendo defendida por diversos autores (Farias, Basaglia e Zimmermann, 2008; Amaral, 2000; Hodson, 1994, Marçal, 2023) no sentido de contribuir para a compreensão de conceitos químicos, tanto explicando os fenômenos, quando por meio do manuseio de todo o aparato experimental.

Nas palavras de Farias, Basaglia e Zimmermann (2008) “A compreensão e assimilação dos conhecimentos químicos devem acontecer por meio do contato do aluno com o objeto real do estudo da Química”, que é exatamente o que acontece no momento da experimentação.

No entanto, ela não deve ser encarada de forma independente, dissociada da teoria, mas sim como uma atividade transformadora, adaptada à realidade (Kovaliczn, 1999), e

esse pressuposto deve ser considerado não só na Química, mas em todo o Ensino de Ciências.

Quanto mais próximas estão a teoria e a prática, mais significativa torna-se a aprendizagem de Química, pois essa associação assume sua verdadeira função: contribuir para a construção do conhecimento químico de forma transversal e não meramente linear (Farias, Basaglia e Zimmermann 2008).

Desta forma é impossível desvincular esses dois aspectos, pois a própria essência da Química destaca o importante papel deste tipo de atividade ao aluno, uma vez que esta ciência se relaciona com a natureza e suas transformações (Amaral, 2000). A experimentação é um dos principais alicerces que sustentam a complexa rede conceitual que estrutura o ensino de Química (Lisboa, 2015).

Seu aprendizado efetivo pode relacionar a compreensão do mundo físico da matéria com os fenômenos presentes no cotidiano, que são ligados ao fluxo de elétrons (Sanjuan *et al.*, 2009), como por exemplo, os processos de eletroquímicos, a corrosão e galvanização, o funcionamento de pilhas e baterias e a produção de substâncias.

Contudo, ainda existe um grande desafio para o professor de Química, dado que os conceitos envolvendo a eletroquímica exigem o equilíbrio entre mundo microscópico e macroscópico. Afinal, é difícil compreender que espécies Químicas doam elétrons para outras em um processo de oxirredução e que esta transferência de elétrons gera corrente elétrica, quando estes elétrons passam por um fio condutor (Barreto, Batista e Cruz, 2017).

De acordo com Lima (2013), uma das principais dificuldades encontradas para o ensino de eletroquímica, está relacionado ao uso de metodologias tradicionais baseadas no uso excessivo de fórmulas e conceitos fragmentados de livros didáticos.

Existem relatos na literatura que apontam como as aulas experimentais vem ganhando destaque pela qualidade de alcançar mais sentidos sensoriais e de permitir agrupar vários alunos em uma mesma estratégia de ensino (Maiato, 2013), desenvolvendo ações positivas na aprendizagem.

A eletroquímica é a parte da Química que estuda a combinação entre a eletricidade e as reações químicas, num processo simultâneo conhecido como reação de oxirredução (redox) (Atkins e Jones, 2006). De acordo com Marçal (2023), os processos eletroquímicos podem ocorrer de maneira espontânea ou não. O fenômeno da ferrugem é um dos exemplos de reação eletroquímica espontânea muito comum no cotidiano dos alunos, mas que, quando questionados em sala de aula, afirmam não conhecer nenhum

fenômeno dessa natureza.

Para o aluno compreender a eletroquímica, são necessários alguns conhecimentos prévios sobre átomos, elementos químicos, tabela periódica, propriedades periódicas, ligação Química, número de oxidação, reações químicas e solução eletrolítica (Sanjuan *et al.*, 2009).

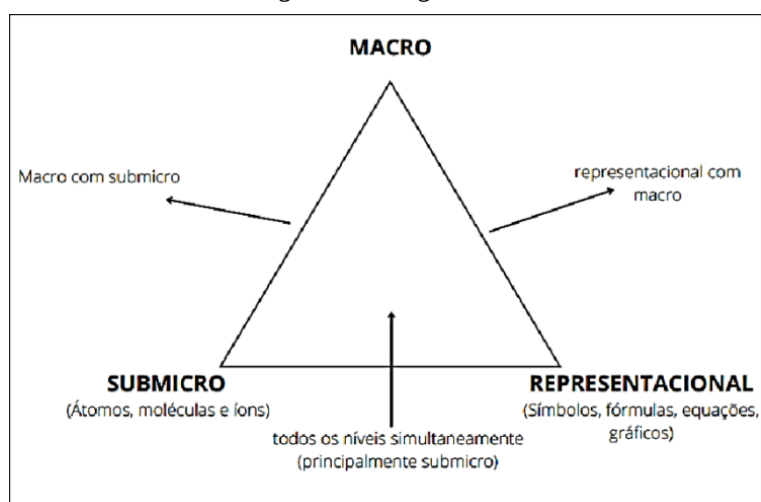
Esse entendimento muitas vezes está relacionado à dificuldade na transição entre os conceitos teóricos, que podem parecer abstratos, e a aplicação prática desses conceitos em experimentos reais. É um desafio encontrar a conexão direta entre a teoria aprendida nos livros e a complexidade das reações químicas no laboratório, já que nem sempre os resultados experimentais seguem exatamente as previsões teóricas.

Na Química, os alunos ainda encontram dificuldades ao tentar visualizar e compreender conceitos abstratos, como a estrutura atômica ou a natureza das ligações Químicas, pois esses elementos são fundamentais para explicar fenômenos invisíveis e processos moleculares complexos.

Para Johnstone (1993), a Química pode ser compreendida por meio de três componentes básicos para a sua interpretação, o nível “macroquímico, o submicroquímico e o representacional químico”.

Algum tempo depois, Johnstone (2004) propôs o “triângulo de Johnstone” (figura 3), nesse modelo o autor faz algumas alterações em relação às nomenclaturas propostas anteriormente e passa a chamar os três níveis de macro, submicro e representacional.

Figura 3: Triângulo de Johnstone



Fonte: Nóbrega et al. (2023), adaptado de Johnstone (2004)

A existência desses níveis representacionais é reconhecida entre diversos autores do Ensino de Química, porém não há um consenso sobre uma terminologia aceita universalmente nesse campo.

Fernandes e Locatelli, (2009) descrevem o nível macro como representante dos fenômenos que são observáveis como experimentos e fenômenos sensoriais. Já o nível submicro envolve modelos e construções a nível molecular para explicar os aspectos macro, como moléculas, átomos, íons e elétrons. Por fim, o nível representacional compreende a linguagem empregada pelos químicos com equações Químicas e símbolos de elementos.

Para haver essa transição entre os níveis representacionais, é necessário dispor de meios que aumentem a capacidade do aluno em observar acontecimentos e criticá-los com base em argumentos científicos. (Osborne, 2007).

Atualmente, existem diversos instrumentos que ajudam na visualização de estruturas em escalas microscópicas na Química e em outras áreas científicas. Alguns dos principais instrumentos são: Microscópio Óptico, utilizado para observar estruturas de tamanho micrométrico. Apesar de limitado pela resolução óptica, é fundamental para a observação de células e pequenas estruturas biológicas.

No entanto, quando consideramos o contexto real das salas de aula no Brasil, vemos que esses instrumentos possuem algumas limitações que devem ser consideradas antes de sugerir o seu uso, e a principal delas é o custo elevado, a maioria dos microscópios de alta qualidade e tecnologicamente avançados são caros, o que pode tornar sua aquisição e manutenção financeiramente desafiadoras para instituições educacionais.

Outro fator importante é a manutenção e operação complexa de microscópios que exigem um alto nível de habilidade técnica para operação e manutenção adequadas. A necessidade de pessoal treinado e especializado para utilizar e manter esses equipamentos pode ser um desafio em algumas situações.

Em muitos casos, a preparação de amostras para visualização em microscópios pode ser um processo complicado e demorado. Isso pode envolver técnicas específicas de preparação que nem sempre garantem resultados consistentes ou ideais. Além de apresentarem limitações de resolução e profundidade de campo.

Diante dos fatos, torna-se quase impossível utilizar esses equipamentos em sala de aula, e buscando superar esse desafio, no Ensino de Biologia existe um instrumento de

baixo custo que vem sendo amplamente difundido com objetivo de facilitar a observação ao nível microscópico com a utilização de Microscópios USB ¹de baixo custo. (figura 4)

Figura 4: Microscópio USB de baixo custo



Fonte: Loja de Ciência (2024)

Dentre os benefícios de sua utilização, destacam-se a acessibilidade, por ser economicamente mais acessível do que os microscópios tradicionais, variando entre R\$ 60,00 e R\$ 120,00 nos principais sites de compras, o modelo USB de baixo custo permite que mais pessoas, incluindo estudantes e professores, tenham acesso à observação microscópica.

Vale destacar também a facilidade de uso, esse tipo de microscópio é simples de operar, sua conexão é do tipo *plug-and-play*, o que significa que podem ser conectados diretamente a um computador, celular ou tablet, eliminando a necessidade de equipamentos complicados ou de treinamento técnico extensivo. Em computadores, ele é conectado diretamente com o cabo USB que acompanha o produto, e em caso de conexão com celulares ou tablets, faz-se necessário o uso de um adaptador que seja compatível com a entrada do celular, no caso dessa pesquisa, foram adquiridos oito adaptadores “tipo C”, com valor médio de R\$8,00 a R\$12,00.

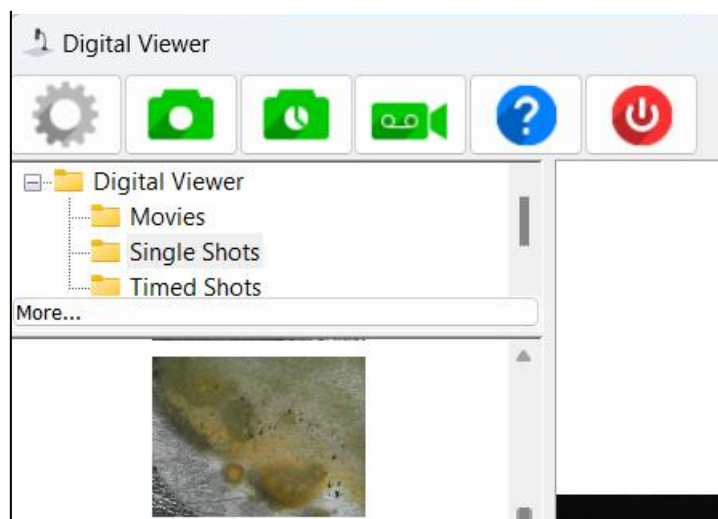
No campo da educação, o microscópio USB de baixo custo pode ampliar as possibilidades de aprendizado, permitindo que os alunos explorem o mundo microscópico de maneira prática e interativa. Isso ajuda a tornar conceitos abstratos mais tangíveis e compreensíveis, aguçando a curiosidade científica e possibilitando a descoberta de detalhes que normalmente não seriam visíveis a olho nu.

¹ Disponível em <https://lojadaciencia.com.br/products/microscopio-digital-eletronico-usb-camera-endoscopio-ampliacao-ajustavel-de-ate-1600x?variant=38244398399687>

Embora possa não ter a mesma resolução ou capacidade dos microscópios de alta tecnologia, o microscópio USB de baixo custo pode ser usado em diversas áreas, como inspeção de circuitos eletrônicos, observação de insetos, análise de tecidos vegetais, entre outros. Essa ferramenta também incentiva a experimentação e inovação, permitindo que as pessoas explorem diferentes usos e aplicações para essa tecnologia de forma criativa.

Para visualizar e a capturar das imagens geradas pelo microscópio, é necessário fazer a instalação prévia de um aplicativo. Na embalagem do microscópio USB está disponível também um suporte, uma régua de calibração e um disco compacto (CD) com o *software* de instalação que pode ser utilizado para obter o aplicativo. Outra forma mais simples de obtenção é por meio das principais lojas de aplicativos do *google*, esses aplicativos possuem interface simples e de fácil utilização, conforme pode ser observado na figura (5).

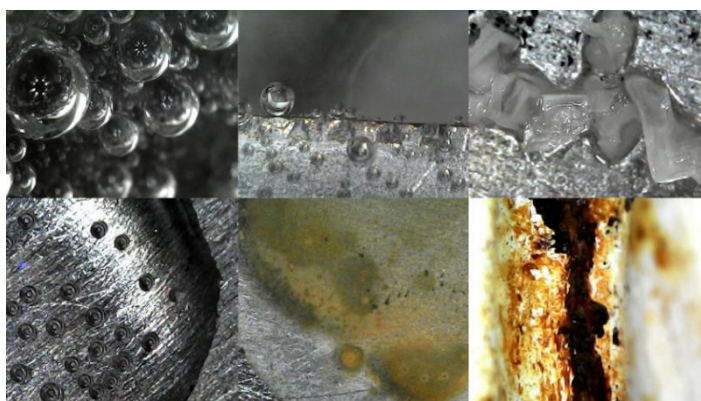
Figura 5: Interface do programa *Digital Viewer*



Fonte: Autora (2025)

A figura 5 acima corresponde a uma captura de tela do aplicativo *Plugable Digital Viewer*, que possui opções para captura de imagens, vídeos e capturas automáticas a cada 1 segundo. Abaixo dos botões principais, as imagens capturadas são disponibilizadas em menor escala, facilitando a análise prévia das imagens coletadas sem que o programa precise ser encerrado. Alguns exemplos de capturas feitas com o microscópio USB podem ser observados na figura 6 a seguir:

Figura 6: Capturas feitas com o microscópio USB



Fonte: Jesus et al (2025)

Diversos autores (Miotto *et al.*, 2019; Souza, 2021; Batista, 2022; Medellín, 2011) destacam a utilização do microscópio USB (conhecido como lupa) em atividades ligadas a biologia, como um instrumento capaz de possibilitar que o aluno consiga ver algo microscopicamente, sem precisar de um microscópio de alto custo que muitas vezes não está disponível na maioria das escolas do Brasil.

Na Química, não foram encontrados registros que apontem a utilização desse microscópio USB como facilitador do acesso ao nível submicroscópico, facilitando a compreensão de fenômenos que em sala de aula têm se tornado cada vez mais abstratas na cabeça dos alunos.

Retomando a questão dos modelos, essa construção na disciplina de Química pode ocorrer por diferentes maneiras, e isso vai depender do objetivo da atividade, e dos materiais disponibilizadas para que os alunos possam exercer sua criatividade e demonstrar de forma material ou não, como algum conceito ou reação está definido em sua mente.

O problema é que na maioria das vezes o aluno não consegue transitar entre a teoria e a prática e isso dificulta bastante a expressão de um modelo que seja coerente e que faça jus a um modelo conceitual coerente, por isso, sugerimos a utilização do microscópio USB nas atividades de Química, pois nas aulas onde o conteúdo de oxirredução é abordado, costuma acontecer maior relação entre nível macroscópico e representacional, e ao utilizar microscópio USB, associado ao EFM, espera-se facilitar a transição entre níveis representacionais.

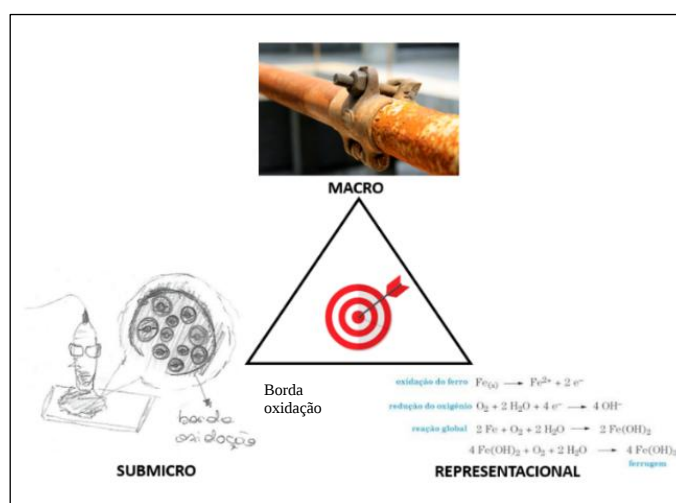
No ensino de Ciências, por exemplo, modelos mentais são utilizados para ajudar estudantes a compreender conceitos complexos, como os fenômenos de oxirredução, a estrutura atômica ou processos químicos e físicos. Eles permitem visualizar como

diferentes ideias se interconectam, favorecendo uma compreensão mais profunda.

Ao integrar modelos mentais coerentes ao ensino de Química, os estudantes podem transitar de forma mais fluida entre os três níveis representacionais, tornando o aprendizado mais significativo. O modelo conceitual serve como um intermediário cognitivo, ajudando os estudantes a estruturar e conectar suas ideias, promovendo uma compreensão mais integrada da Química.

Mas como transitar entre esses níveis? Essa é uma questão que será analisada no decorrer da pesquisa, e espera-se alcançar o alvo no centro do triângulo (figura 7), formalizando a livre transição entre os três níveis representacionais.

Figura 7: Diagrama de transição da pesquisa



Autora (2025), adaptado de Johnstone (2004)

A figura 7 anterior representa uma adaptação do triângulo de Johnstone (2004), que ilustra os três níveis de representação na química: macroscópico, submicroscópico e representacional, aplicados ao processo de oxidação do ferro abordados nesta pesquisa.

No nível macroscópico, há uma fotografia de um cano metálico enferrujado, evidenciando o fenômeno da corrosão do ferro, visível a olho nu. No nível submicroscópico, há um desenho que representa a observação do material corroído através de um microscópio. O modelo mostra uma estrutura interna do ferro com esferas menores, que podem simbolizar átomos ou elétrons, e inclui a anotação "Borda oxidação", sugerindo o limite e a área onde ocorre o processo de oxidação.

No nível representacional, há equações químicas que descrevem a reação de oxidação do ferro. Essas equações mostram a perda de elétrons pelo ferro (oxidação), a

redução do oxigênio e a formação da ferrugem. No centro da imagem, há um triângulo com um alvo, simbolizando a interconexão entre os três níveis de representação e reforçando a ideia de que uma compreensão completa do fenômeno químico requer a articulação entre essas três dimensões.

3 QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS

Nesta pesquisa, apresentamos uma proposta de investigação sobre como a prática do Ensino Fundamental em Modelagem está relacionada com o processo de ensino e aprendizagem e o favorecimento da transição entre os níveis representacionais, e investigamos a hipótese: sua utilização pode favorecer a construção e modificação dos modelos mentais (MM) e empíricos sobre o conteúdo de oxirredução no ensino médio?

Considerando essa hipótese, o problema estudado consiste em: Qual a influência de atividades experimentais de modelagem mediadas por um microscópio na aprendizagem de oxirredução em alunos do EM?

Desta forma, o objetivo geral da pesquisa é **investigar a relação entre o aspecto microscópico das atividades experimentais de modelagem e a aprendizagem do conteúdo de oxirredução.**

Para alcançar o objetivo geral, cumpriram-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Elaborar e expressar os MM prévios dos alunos sobre oxirredução;
- II. Analisar a transição entre os níveis representacionais e as modificações dos MM durante atividades experimentais de oxirredução com o auxílio do microscópio USB;
- III. Avaliar a influência dos aspectos experimentais nos MM em relação ao processo de ensino e aprendizagem.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste respectivo capítulo são apresentadas as etapas do percurso metodológico e as estratégias de investigação percorridas durante toda a pesquisa, destacando o contexto e a interação com os participantes da pesquisa. Por fim, destacam-se os procedimentos de coleta de dados e os seus respectivos instrumentos e procedimentos de análise dos dados.

4.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA

Essa pesquisa está fundamentada nos princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação, conforme descritos por Bogdan e Biklen (1994). Em primeiro lugar, o ambiente natural é considerado a fonte direta de dados, com o pesquisador atuando como o principal instrumento de coleta. Nesse contexto, os dados são obtidos por meio de múltiplos procedimentos e do contato direto do pesquisador com o ambiente estudado, uma vez que, ao se separar a ação, a palavra e/ou o gesto de seu local de origem, esses elementos podem perder seus significados reais.

Além disso, a investigação é predominantemente descritiva, sendo os resultados apresentados por meio de citações baseadas nos dados coletados para descrever detalhadamente o fenômeno investigado. A análise, por sua vez, é realizada com base em pistas que permitem ao pesquisador compreender esse fenômeno em profundidade (Bogdan e Biklen, 1994).

Outro princípio importante é o interesse maior no processo do que nos resultados ou produtos. O pesquisador busca investigar como determinado fenômeno ocorre e as razões pelas quais ele acontece, priorizando a compreensão do processo em si. A análise dos dados também é realizada de forma indutiva (Bogdan e Biklen, 1994).

As inferências são construídas à medida que os dados são coletados e organizados, permitindo que teorias sejam elaboradas de maneira simultânea e/ou posterior à convivência com os sujeitos investigados. Por fim, o significado atribuído pelos sujeitos é de grande importância para a pesquisa, sendo essencial compreender o fenômeno a partir de suas perspectivas (Bogdan e Biklen, 1994).

Desta forma, acredita-se que este estudo incorpora todos esses princípios da pesquisa qualitativa na área de Educação. Por meio de uma pesquisa empírica, busca-se

investigar a relação entre o aspecto microscópico das atividades experimentais de modelagem e a aprendizagem do conteúdo de oxirredução no contexto do Ensino Fundamentado em Modelagem.

Para tanto, os dados foram coletados por múltiplos procedimentos de coleta e do contato direto da pesquisadora com o ambiente no qual o fenômeno investigado ocorreu. Além disto, os dados coletados são apresentados, predominantemente, de maneira descritiva, a partir de transcrições de falas dos sujeitos investigados e são analisados de maneira em que o fenômeno possa ser compreendido sob a perspectiva dos sujeitos investigados. Tais princípios permeiam a apresentação e justificativa de todas as informações ao longo deste capítulo.

4.2 AMBIENTE DA PESQUISA

O estudo foi realizado em uma escola estadual de tempo integral na zona norte da cidade de Manaus-AM. Em relação à infraestrutura, no ano de 2023 a escola passou por reformas e recebeu a implantação de um “espaço *maker*”. O Espaço *Maker* é o local onde são feitas as práticas do projeto Fazer Para Aprender, iniciativa que integra o programa Educa+Amazonas, lançado em 2021 (CENTRO DE MÍDIAS, 2025).

Nesse espaço, os alunos podem experimentar as mais diversas áreas do conhecimento, pois a sala conta com recursos para a elaboração de estações de robótica e eletrônica, carpintaria, corte e montagem, impressão 3D, pesquisa e leitura, realidade virtual e aumentada e projeção midiática.

Os sujeitos da pesquisa foram alunos de turmas do 2º ano do Ensino Médio, que já haviam estudado o conteúdo eletroquímico. A seleção das turmas se deu por meio de sorteio entre as turmas disponíveis na escola, e os alunos foram convidados a participarem voluntariamente das atividades. Os alunos que concordaram em participar das atividades foram divididos em grupos de 6 a 7 alunos.

4.3 INSTRUMENTOS DA INVESTIGAÇÃO

Em relação à seleção dos instrumentos, levamos em consideração que os modelos mentais estão na cabeça das pessoas e a única maneira de investigá-los é indiretamente, através daquilo que elas externalizam verbal, simbólico ou pictoricamente. (Moreira, 1996).

Esse mesmo autor afirma que, seja qual for a metodologia escolhida, esse tipo de

pesquisa é difícil por duas razões principais: primeiro, não se pode simplesmente perguntar a uma pessoa qual é o seu modelo mental para determinada coisa, pois ela não tem plena consciência desse modelo.

Segundo, porque não adianta buscar modelos mentais perfeitos, pois eles são normalmente confusos e incompletos, e é com esse tipo de representação mental que o pesquisador tem que lidar e tentar interpretar (Moreira, 1996). Considerando todas essas particularidades, a escolha assertiva dos instrumentos de investigação foi essencial para captar o máximo de detalhes possíveis dessas representações.

Por isso, para esta pesquisa os instrumentos utilizados foram: formulário de conhecimentos prévios, grupos focais, folhas de atividades (que puderam ser respondidas por meio de desenho, pintura, recortes, etc.) e entrevistas individuais ao final das atividades. A escolha desses instrumentos se justificou pela necessidade apontada por Moreira (1996) em fazer escolhas adequadas para investigar os modelos que estão na cabeça das pessoas.

4.3.1 *Formulário de conhecimentos prévios*

A verificação dos conhecimentos prévios dos alunos antes de realizar atividades em sala de aula é uma prática pedagógica fundamental por diversas razões, Castro e Carozza (2011) apontam que é fundamental que o professor esteja atento ao conhecimento prévio de seus estudantes, pois, em um contexto de sala de aula, a aprendizagem ocorre de fato quando o conteúdo ministrado pelo professor consegue conectar-se a um conceito relevante.

Durante o momento de ambientação da pesquisadora com o contexto escolar, foi disponibilizado o link de um formulário online, produzido no *Google forms* visando verificar o interesse e disponibilidade dos alunos em participar da pesquisa, além de conferir os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo oxirredução, e a partir do resultado, fazer ou não, uma breve revisão do conteúdo, considerando que, para a criação dos modelos mentais, os alunos já devem possuir modelos conceituais bem definidos do conteúdo. Nesse formulário, também investigamos se os alunos conseguiam associar o conteúdo com diferentes situações presentes no cotidiano.

4.3.2 *Grupo Focal*

Considerando que Fraser (2004) relata que os grupos focais permitem ampliar a compreensão transversal de um tema, ou seja, mapear os argumentos e contra-argumentos em relação a um tópico específico, que emergem do contexto do processo de interação grupal em um determinado tempo e lugar, fez-se uso dessa técnica no encontro 6.

Inicialmente foi planejado que, no final dos encontros seria reservado alguns minutos para realização do grupo focal, e nesses momentos, seriam feitas algumas “perguntas-chave” para iniciar a interação entre um grupo previamente selecionado de alunos. No entanto, já no primeiro encontro foi constatado que não seria possível conduzir a atividade desta forma, sendo assim, foi destinado um encontro apenas para a realização do grupo focal.

Para Trad (2009), o objetivo do GF é reunir informações detalhadas sobre um tópico específico e proporcionar a compressão de percepções, crenças e atitudes sobre um tema ou produto. Considerando que no início das atividades alguns alunos tiveram dificuldade em expressar seus modelos mentais, com o GF, foi possível extrair detalhes adicionais dos modelos por meio da interação dentro do grupo focal.

Para a condução do GF, a própria pesquisadora atuou como facilitadora do grupo focal, guiando a discussão de forma aberta e flexível, sendo utilizadas perguntas abertas para incentivar a participação ativa dos membros do grupo e garantir que todos os tópicos relevantes sejam explorados.

Os grupos focais diferem das entrevistas individuais porque se baseiam no diálogo entre pessoas para obter os dados necessários à investigação. Seu desenho é responsável por criar um ambiente propício à discussão, no qual os participantes possam expressar suas percepções e perspectivas, seguindo critérios pré-estabelecidos pelo pesquisador conforme o objetivo do estudo. (Minayo, 1992).

4.3.3 *Folha de atividades*

De acordo com Gil (2002), pode-se definir questionário como a forma de investigação composta por questões que são submetidas as pessoas com objetivo de obter informações sobre algum conhecimento, sentimentos, valor, interesse, expectativa, aspirações, temores ou comportamentos. Os questionários podem ser definidos como abertos, fechados e mistos.

Barros e Lehfelf (2007), definem “perguntas fechadas” como questões que apresentam categorias ou alternativas de respostas fixas e “perguntas abertas” como aquelas que levam ao informante a responder livremente com frases ou orações.

Considerando o contexto dessa pesquisa, as definições de questionário não abrangem as dimensões que a coleta dos modelos mentais expressos no ensino fundamentado em modelagem requer, no entanto, o questionário continua sendo o instrumento de coleta de dados que mais se aproxima do instrumento construído para essa pesquisa.

Por isso optou-se por chamar os questionários de folha de atividades. Essa escolha se justifica pela necessidade da construção de um instrumento de investigação onde o aluno consiga responder questões e também expressar e descrever os modelos mentais elaborados para uma determinada atividade.

Dessa forma, folha de atividades pode ser definida como um instrumento pedagógico estruturado que reúne um conjunto de tarefas, questões ou desafios cuidadosamente elaborados com o objetivo de orientar e registrar a participação dos estudantes em atividades voltadas para o ensino. Ela funciona como um meio de promover a interação entre os estudantes e o conteúdo, facilitando a exploração, a reflexão e a aplicação dos conceitos abordados.

No contexto educacional, a folha de atividades pode assumir diferentes formatos, dependendo dos objetivos propostos. Geralmente, ela inclui questões abertas, ou tarefas práticas, e pode ser utilizada para guiar experimentos, desenvolver raciocínio crítico, estimular a criatividade ou avaliar a compreensão dos estudantes. Além disso, ela também serve como um registro das ideias e percepções dos estudantes durante o processo de aprendizado, sendo, portanto, um valioso recurso tanto para o ensino quanto para a pesquisa.

No caso específico de pesquisas que abordam o EFM, a folha de atividades desempenha um papel crucial, pois oferece um espaço no qual os estudantes podem expressar seus modelos mentais, representar fenômenos ou sistemas por meio de desenhos, diagramas, descrições ou outras formas de representação. Isso permite ao pesquisador compreender como os estudantes estão construindo o conhecimento e quais são suas percepções sobre os conceitos trabalhados, funcionando, assim, como uma importante ferramenta para coleta e análise de dados.

No caso da expressão dos modelos mentais, sabe-se que apenas a linguagem escrita não é suficiente para expressar um modelo concreto coerente. Por isso estiveram disponíveis materiais como: lápis de cor, canetas coloridas, lápis, massa de modelar, bolas de isopor, tintas, pincéis e palitos de madeira.

Com a disponibilização desses materiais, esperava-se que os alunos vissem novas possibilidades no preenchimento da folha de atividades e que se sentissem estimulados para usar a criatividade para expressar os seus modelos mentais de forma mais coerente possível com o modelo conceitual previamente definido.

Considerando que é comum a expressão de modelos mentais por meio de gestos, esses também serão aceitos como respostas, desde que sejam registrados e anexados nas folhas de atividades. Sendo assim, para a coleta da pesquisa, foram produzidas cinco folhas de atividades, disponíveis no apêndice 1 a 5, sendo destinadas uma para cada encontro, conforme descritas no quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Resumo das folhas de atividades

ENCONTRO 1	Duração	2 horas
	Tema	Conhecendo a modelagem
	Instrumentos	Folhas de atividades 1 + folha de atividade “versão mediador”
	Objetivo	Fazer uma introdução sobre a modelagem e conhecer a principais formas de expressar os modelos mentais
	Uso do microscópio	Obrigatório (mostrar como funciona)
	Etapas da modelagem	Criação, expressão, teste e validação
ENCONTRO 2	Duração	2h
	Tema	Se a vida te der um limão, faça uma...?
	Instrumentos	Folhas de atividades 2 + folha de atividade “versão mediador” + roteiro experimental
	Objetivo	Fazer a revisão do conteúdo por meio do experimento e trabalhar as etapas do EFM em oxirredução
	Uso do microscópio	Opcional (apenas se os alunos solicitarem)
	Etapas da modelagem	Criação, expressão, teste e validação
ENCONTRO 3	Duração	2h
	Tema	Como evitar a oxidação do ferro?
	Instrumentos	Folhas de atividades 3 + folha de atividade “versão mediador” + roteiro experimental
	Objetivo	Promover a oxidação do ferro em diferentes soluções, problematizando a questão da ferrugem nas embarcações da região
	Uso do microscópio	Obrigatório (incentivar a visualização durante a atividade)
	Etapas da modelagem	Criação, expressão, teste e validação
ENCONTRO 4	Duração	2h
	Tema	Por que as frutas escurecem?
	Instrumentos	Folhas de atividades 4+ folha de atividade “versão mediador” + roteiro experimental
	Objetivo	Apresentar as mesmas reações em um novo contexto, ajustar ou refazer os modelos mentais anteriores
	Uso do microscópio	Obrigatório (incentivar a visualização durante a atividade)
	Etapas da modelagem	Criação, expressão, teste e validação
ENCONTRO 5	Duração	2h
	Tema	Qual a relação entre combustão e oxirredução?
	Instrumentos	Folhas de atividades 5 + folha de atividade “versão mediador” + roteiro experimental
	Objetivo	Relacionar as reações de combustão com a oxidação, ajustar ou refazer os modelos mentais anteriores
	Uso do microscópio	Obrigatório (incentivar a visualização durante a atividade)
	Etapas da modelagem	Criação, expressão, teste e validação

Fonte: Autora (2024)

A construção das folhas de atividades seguiu os objetivos específicos I e II da pesquisa: Elaborar e expressar os MM prévios dos alunos sobre oxirredução; e analisar a transição entre os níveis representacionais e as modificações dos MM durante atividades experimentais de oxirredução com o auxílio do microscópio USB.

4.3.4 Entrevistas individuais

Na pesquisa qualitativa a entrevista é um dos principais instrumentos de coleta de dados. Ela permite aos pesquisadores explorar experiências, percepções, opiniões e significados subjetivos dos participantes em relação a um determinado tema.

O modelo de entrevista utilizado foi o *teachback*, que consiste em uma conversação entre entrevistador e entrevistado até chegarem a um consenso sobre o pensamento do entrevistado (Pintó *et al.*, 1996).

A entrevista *teachback* é uma técnica comumente usada na área educacional para avaliar a compreensão do aluno sobre um determinado conceito ou tópico. Esse método é frequentemente empregado por professores e educadores para verificar se os alunos conseguem explicar ou ensinar o que aprenderam de volta ao professor ou a outros colegas.

No processo dessa entrevista, o mediador faz perguntas aos alunos para garantir terem compreendido o que foi ensinado. Nesse momento, os alunos eram convidados a explicar o conceito de volta ao mediador, utilizando suas próprias palavras e compreensão. Uma proposta de roteiro para entrevista está disponível no apêndice 21.

A entrevista *teachback* é uma maneira eficaz de verificar se os alunos compreenderam um conceito específico. Quando eles são capazes de ensinar ou explicar o que aprenderam, isso indica um nível mais profundo de compreensão. Caso isso não ocorra, é possível identificar as lacunas na compreensão dos alunos, permitindo ao professor fornecer suporte adicional para melhorar o aprendizado.

O diálogo entre professor e aluno durante esse tipo de entrevista permite uma interação mais significativa, facilitando um feedback mais específico e personalizado.

4.4 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

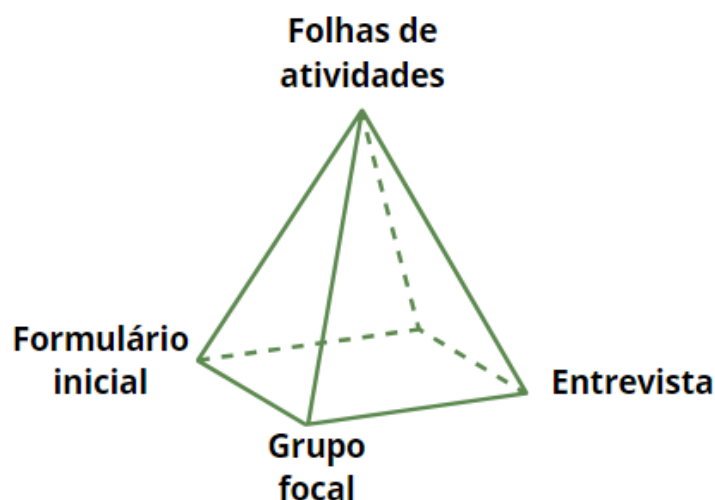
Nas pesquisas científicas, sempre foi emblemática a preocupação com o rigor metodológico e com a validade dos resultados (Downey e Ireland, 1979). Nesse contexto, buscam-se alternativas para validar a pesquisa qualitativa em relação ao processo metodológico e aos resultados obtidos.

Um dos procedimentos analíticos para interpretação de dados que pode atribuir tal validade a uma pesquisa qualitativa é a triangulação. No que tange à coleta de dados, a Triangulação permite que o pesquisador possa lançar mão de três técnicas ou mais com vistas a ampliar o universo informacional em torno de seu objeto de pesquisa (Marcondes

e Brisola, 2014).

Considerando esses fatos, a triangulação da pesquisa (figura 8) se deu em torno dos quatro instrumentos de investigação mencionados na seção anterior. Juntos, foram responsáveis por aumentar o universo informacional da pesquisa.

Figura 8: Triangulação da pesquisa



Fonte: Autora (2025)

Vergara (2006) afirma que a triangulação pode ser vista tanto como uma estratégia de validação da pesquisa quanto como uma alternativa para a obtenção e ampliação do conhecimento por meio de vários ângulos ou perspectivas. Diversos autores (Campbell e Fiske, 1959; Golafshani, 2003; Shenton, 2004; Stake, 2011) defendem e reforçam que as pesquisas que optam pela triangulação têm menos possibilidades de apresentar fragilidades na busca por validação.

Denzin (1978) identifica os diferentes tipos de triangulação e a separa em quatro categorias fundamentais: triangulação dos dados, triangulação dos investigadores, triangulação das teorias e triangulação metodológica. Janesick (1994) propõe a triangulação disciplinar e Guion (2002) acrescenta a triangulação ambiental.

A triangulação de dados é a coleta de informações de diferentes fontes, em diferentes termos e espaços, em um mesmo estudo, além de combinar diferentes informações com objetivo de gerar novos conhecimentos. Assim como diferentes dimensões espaciais permitem a análise comparativa de problemas em diferentes locais, diferentes dimensões temporais permitem o estudo de mudanças temporais que ocorrem num problema específico. O mesmo vale para diferentes fontes, permitindo aos pesquisadores analisar o problema sob diferentes perspectivas (Holanda e Farias, 2020).

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados coletados foi feita com base na Análise Textual Discursiva (ATD), que é uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa: a análise de conteúdo e a análise de discurso.

Segundo Moraes e Galiuzzi (2011), a ATD gira em torno de quatro focos, sendo os três primeiros, parte de um ciclo que constitui os elementos principais dessa análise. A análise textual discursiva começa pela desmontagem dos textos. Nesta fase, o pesquisador fragmenta os textos em unidades menores, que podem ser palavras, frases ou parágrafos. Cada uma dessas partes deve ser analisada minuciosamente para identificar elementos linguísticos, semânticos e discursivos presentes no texto.

Posteriormente, há o estabelecimento de relações entre essas unidades de análise. O pesquisador procura mapear e registrar as conexões entre diferentes partes do texto, buscando por repetições, contradições, conexões semânticas ou temas recorrentes. Além disso, é feita uma análise de intertextualidade para compreender como o texto em estudo se relaciona com outros textos ou referências externas.

Durante o processo de análise, o pesquisador está atento a captar o novo emergente. Isso envolve identificar novas percepções, significados ou conceitos que não eram inicialmente óbvios. Busca-se reconhecer elementos latentes que surgem da interação entre as partes do texto, contribuindo para uma compreensão mais profunda do conteúdo.

Por fim, há a compreensão do processo auto-organizado. O pesquisador observa como as unidades individuais se relacionam, formando um todo coeso. Observa-se a dinâmica de construção de sentido ao longo do texto, entendendo como os significados emergem da interação entre as partes do texto e como evoluem ao longo da análise.

Essas etapas detalhadas da análise textual discursiva proporcionam uma análise minuciosa, permitindo não apenas compreender os discursos explícitos presentes nos textos, mas também identificar os significados que emergem das relações entre as partes do texto e do seu processo auto-organizado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo, serão apresentadas as características dos participantes da pesquisa, como foram agrupados, a codificação dos dados, detalhes dos encontros e, ao final, as unidades de significado e categorias que emergiram durante a pesquisa e sua relação com os objetivos previamente definidos. As seções 5.1 e 5.2 possuem características majoritariamente descritivas, a fim de facilitar a compreensão do leitor a respeito de como os encontros foram conduzidos e quais as impressões imediatas dos estudantes, já nas seções 5.3 e 5.4 é possível localizar os modelos expressos pelos estudantes, assim como a análise com base na teoria adotada.

5.1 PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os participantes da pesquisa foram alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública da cidade de Manaus/AM. A turma selecionada por meio de sorteio possuía 40 alunos regularmente matriculados e foi dividida em 6 grupos, conforme a afinidade pré-existente entre eles.

A escola foi recentemente contemplada com o Educa+ Amazonas, um programa focado em quatro eixos: qualificação e reconhecimento dos profissionais da Educação, recuperação da aprendizagem dos estudantes, preparação do estudante para o futuro e meio ambiente e sustentabilidade.

Nesse contexto, a escola recebeu o projeto Fazer para Aprender que possibilita aos alunos da rede estadual a realização de atividades práticas e experimentais nas mais diversas áreas de conhecimento, aproximando-os de situações desafiadoras e os instigando na busca da resolução de problemas, como foco na melhoria da aprendizagem, no desenvolvimento de projetos, consoante ao contexto local, e, até mesmo, no empreendedorismo.

No final de 2023, foi inaugurado o espaço *maker*, um tipo de laboratório que permite a autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem, por meio da robótica, programação, impressão em 3D, eletrônica, produção de áudio e vídeo, marcenaria e produção artística. Na imagem 9 a seguir, pode-se observar parte dessa estrutura, que conta com seis bancadas e cerca de quarenta bancos, suficiente para comportar apenas uma turma por vez.

Figura 9: Espaço onde as atividades da pesquisa foram realizadas



Fonte: Autora (2025)

Com a instalação desse tipo de estrutura (imagem 9), é comum imaginarmos que o corpo docente o utilizaria com mais frequência e o explorasse em aulas práticas das mais diversas disciplinas, mas essa não foi a realidade encontrada. Alguns alunos dessa turma só haviam ido ao espaço para ter aulas consideradas tradicionais. Como consequência, a maioria dos equipamentos não havia sido utilizada.

A escola em questão funciona com atividades em período integral, que facilitou a participação completa da turma. As atividades aconteceram uma vez por semana, no tempo destinado a uma disciplina eletiva, que segundo a professora responsável pela turma já era utilizado como tempo de aula “livre” para que os alunos fizessem atividades de outras disciplinas.

Considerando que a pesquisa foi aplicada no final do primeiro semestre do ano letivo, os alunos já haviam estudado o conteúdo referente as atividades desenvolvidas nos encontros, esse fato deve ser considerado, pois (Justi, 2006) afirma que antes de elaborar um modelo mental, o aluno já deve ter um modelo teórico bem definido, isso ajudará na expressão de um modelo mais coerente e com uma base teórica real, e que não surja somente da imaginação do aluno.

Como forma de evitar a identificação direta e exposição dos participantes da pesquisa, os alunos foram identificados pela letra A, seguida de um número entre 1 e 40. A divisão dos grupos se deu conforme o quadro 2 abaixo:

Quadro 2: Composição dos grupos

COMPOSIÇÃO DOS GRUPOS					
G1	G2	G3	G4	G5	G6
A12	A10	A01	A05	A04	A02
A17	A11	A03	A06	A08	A14
A23	A13	A07	A09	A15	A19
A26	A30	A16	A22	A24	A21
A29	A35	A18	A31	A32	A25
A37	A36	A20	A34	A33	A27
A40	A39	A28	A38		

Fonte: Autora (2025)

Os grupos eram compostos por 6 ou 7 alunos, e foram identificados pela letra G, seguida de um número entre 1 e 6. Essa ordem foi determinada no primeiro encontro e permaneceu até o final das atividades.

Como os grupos foram divididos pelos próprios alunos, as relações pré-estabelecidas em sala de aula permaneceram durante os encontros. De modo geral, a turma demonstrou interesse nas atividades, com exceção do grupo G4, todos os outros participaram ativamente dos encontros e cumpriram com o planejamento proposto no encontro 0.

No momento do sorteio das turmas, havia uma preocupação em relação à aceitação dos alunos para participarem da pesquisa, pois mesmo que o tempo de aula fosse regular de outra disciplina, eles o utilizavam para realizar atividades pendentes, haja vista que estudam em tempo integral e teoricamente não tinham muito tempo para fazer essas atividades em casa.

Por isso, pensou-se na possibilidade dos alunos se sentirem mais sobrecarregados e não participarem da atividade como esperado, trazendo prejuízos futuros aos resultados da pesquisa. Diante disso, foram estipuladas algumas ações a serem desenvolvidas para mostrar para aquele público a importância da pesquisa e a relevância da participação da turma.

Dentre essas ações, podemos destacar: a promoção de um discurso motivador, que justifica e reforça a necessidade desse tipo de pesquisa para o processo de ensino e aprendizagem, o ensino prático onde o aluno conhece o contexto, o relaciona com a sua realidade e tem a oportunidade de colocar a mão na massa e não apenas observar, e o mais importante, a utilização de uma metodologia de ensino que carrega características que

promovem a argumentação, o pensamento crítico, a consciência dos processos de construção da ciência.

E para compreender melhor como as atividades dessa pesquisa foram desenvolvidas, na seção seguinte serão apresentados detalhadamente os oito encontros que compõem a coleta de dados desta pesquisa.

5.2 ENCONTROS

A coleta dos dados da pesquisa foi realizada em oito encontros presenciais. Um encontro destinado a uma apresentação da pesquisadora ao corpo docente, ambientação na escola e com a turma sorteada, cinco encontros para aplicação das atividades experimentais e folhas de atividades baseadas no EFM, um encontro para realização do grupo focal, e um encontro para entrevista.

5.2.1 Encontro 0: Apresentação

O primeiro contato com a turma selecionada teve o objetivo de conhecer os alunos, algumas características da turma, falar sobre os objetivos da pesquisa, apresentar o planejamento das atividades e enviar o link do formulário de conhecimentos prévios.

As salas de aula da escola são equipadas com aparelho de televisão, então o *QR code* que dava acesso ao formulário foi projetado e os alunos pudessem acessá-lo e respondê-lo. Os alunos que não tinham aparelho celular no momento puderam usar um tablet disponibilizado para esse fim, outros usaram os aparelhos dos colegas para registrar sua resposta.

Esse formulário de conhecimentos prévios possuía somente cinco perguntas de múltipla escolha, a formulação dessa quantidade de questões se deu pela necessidade de conhecer previamente qual o nível de conhecimento dos alunos sobre: (1) modelos na Ciência, (2) e (3): modelos representacionais, (2) e (5): reação de oxirredução, essa pequena quantidade de questões foi suficiente para fazer esse levantamento inicial, sem assustar os alunos com o excesso de perguntas.

A primeira pergunta era “Como você acha que é elaborado um modelo na Ciência?”. As opções disponíveis eram: são gerados automaticamente por um programa computacional ou inteligência artificial; são elaborados a partir de uma construção que

envolve uma série de erros e acertos; surgem facilmente na mente de um cientista; são criados em um processo linear onde não podem existir erros nem modificações; e outros.

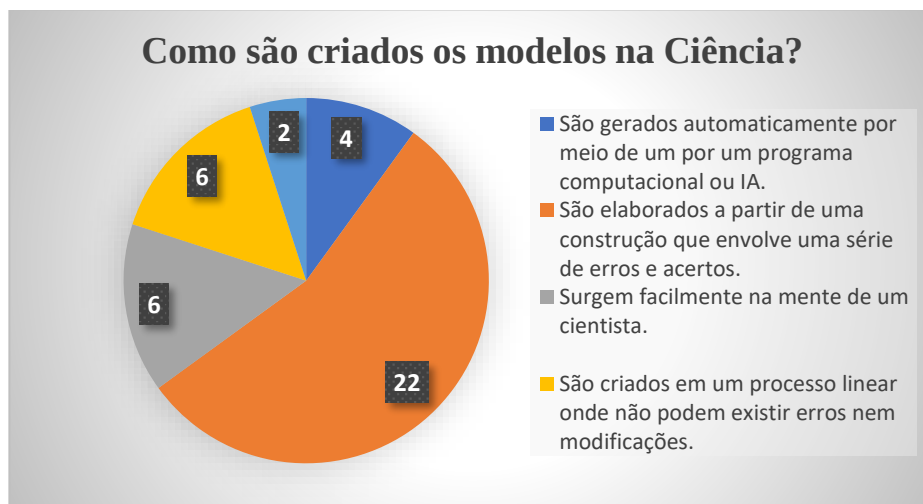
Dos 40 alunos que responderam essa questão, somente 4 alunos responderam serem gerados automaticamente por meio de um programa computacional ou inteligência artificial; 22 alunos marcaram a opção “são elaborados a partir de uma construção que envolve uma série de erros e acertos”. 6 alunos optaram pela opção “surgem facilmente na mente de um cientista”, outros 6 afirmaram serem criados em um processo linear onde não podem existir erros nem modificações e dois alunos optaram por selecionar a opção outros e escreveram:

A29G1 “Por meio de artigos e experiência que foram repassados por décadas, sendo classificadas fatos provados em prática, por serem investigados em uma pesquisa teórica e extensiva geral”. A resposta discursiva desse aluno reflete seu conhecimento prévio e consciência do processo científico.

A35G2 “Na ciência, a elaboração de um modelo geralmente envolve a observação de padrões, a formulação de hipóteses, o teste dessas hipóteses por meio de experimentos ou análises de dados, e a revisão e refinamento do modelo com base nos resultados obtidos”.

É interessante observarmos a figura 10 abaixo e constatar que mais da metade dos alunos selecionaram respostas coerentes em relação ao tema. Esse quantitativo surpreende, pois é comum observarmos em sala de aula, alunos que não tem consciência desse processo de construção da Ciência.

Figura 10: Gráfico que representa as respostas para a questão 1 do formulário.



Fonte: Autora (2025)

A própria forma como aprendemos já nos leva a ter esse tipo de concepção inadequada de um processo científico puramente experimental, livre de especulações,

As próximas perguntas desse questionário eram referentes às representações. Na segunda, questionava: Qual dos modelos abaixo melhor representa o fenômeno de dissolução do sal em água? E em seguida apresentava uma montagem de Santos (2019), composta por três representações (imagem 11) diferentes para o mesmo fenômeno: a dissolução do sal em água.

Figura 11: Diferentes representações para a dissolução do sal em água

Representação I	Representação II	Representação III
	 Legenda: Água: H_2O Íon sódio: Na^+ Íon Cloreto: Cl^-	 Legenda: Sal de Cozinha  Água 

- I. Ilustra somente um copo com um líquido no interior;
- II. Ilustra a geometria molecular e representação dos íons Na^+ e Cl^- por meio dos símbolos utilizados para representar os elementos na tabela periódica e suas respectivas cargas;
- III. Ilustra um agrupamento de bolas azuis e verdes, correspondentes à representação de partículas de água e de partículas do composto iônico, cloreto de sódio.

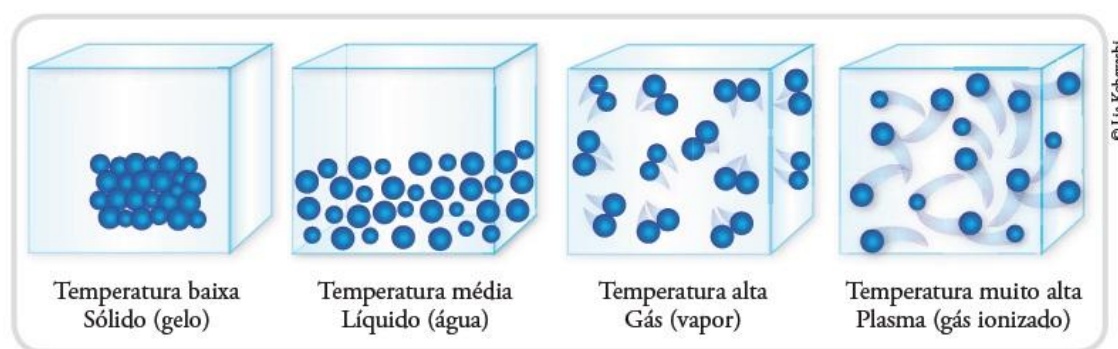
50

supor que o sal já esteja totalmente dissolvido no copo, por isso, trata-se de uma solução salina.

No caso dessa pergunta, todas as alternativas estavam corretas, desde que o aluno soubesse justificar e explicar o porquê daquela representação ser a mais apropriada. No entanto, nesse momento inicial, não foram dadas justificativas, as representações eram apenas selecionadas para entender melhor os tipos de representações que eram mais reconhecidos pela turma.

Na questão 3 do questionário, perguntava-se: em relação à figura abaixo, qual a influência da temperatura na movimentação das moléculas? Em seguida, uma figura era disponibilizada para consulta. Nessa imagem (figura 12), estavam representados quatro estados da matéria: sólido, líquido, gasoso e plasma.

Figura 12: Influência da temperatura em relação a movimentação das moléculas de água.



Fonte: ©Lie Kobayashi

Para essa pergunta, vinte e três alunos marcaram a opção “Quanto maior a temperatura, maior a movimentação”, dez alunos selecionaram a opção que dizia “As moléculas se movimentam independente da temperatura do sistema”, três alunos marcaram “As moléculas só se movimentam a partir de 100°C”, três alunos optaram por marcar “Quanto menor a temperatura, menor a movimentação”, e somente um aluno utilizou a opção “outros” e disse:

A09G4: “As moléculas se movimentam independente da temperatura, mas o excesso de calor faz com q as moléculas se movimentam mais”

No caso desse modelo que representava os quatro estados da matéria, com sua interpretação, entende-se que quanto maior a temperatura, maior seria a movimentação das moléculas, representando assim, grande parte das respostas dos alunos. Os três alunos que responderem “Quanto menor a temperatura, menor a movimentação” fizeram

interpretações diferentes da maioria, mas que continuava coerente com a representação disponibilizada.

Já o restante da turma pode ter confundido ou não relacionado corretamente a palavra “independente” com a representação, pois mesmo que não houvesse indicação exata da temperatura em cada quadrinho, eram indicadas as palavras: baixa, média, alta e muito alta, evidenciando o aumento da temperatura dos sistemas, assim como o aumento da movimentação das moléculas.

O aluno A09G usou a opção “outros” para acrescentar um novo ponto de vista. Ele se contradiz dizendo que a movimentação das moléculas e a temperatura são independentes (está errado), e completa afirmando que o excesso de calor faz com que as moléculas se movam mais.

A próxima questão se refere ao conhecimento prévio dos alunos sobre a diversidade das reações de oxirredução, fazendo o seguinte questionamento: qual dos fenômenos abaixo está relacionado com uma reação de oxirredução?

A imagem 13, é a mesma disponibilizada no questionário e apresenta: (1) ferrugem de partes de uma bicicleta, (2) combustão, (3) escurecimento enzimático da maçã, e (4) evaporação da água.

Figura 13: Esquema utilizado na questão 4 do formulário de conhecimentos prévios.

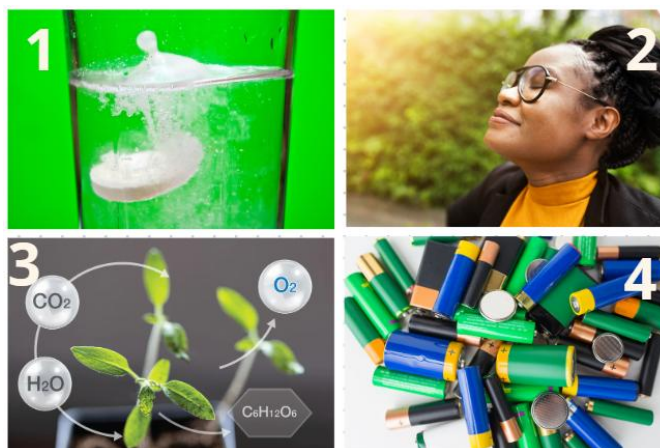


Fonte: Autora (2025)

Para essa pergunta, treze alunos só observam a reação de oxirredução na figura correspondente a ferrugem (1), dezessete marcaram a opção que correspondia a ferrugem (1) e combustão (2), outros seis alunos marcaram apenas a opção (3) referente ao escurecimento enzimático da maçã, e quatro alunos observaram a reação em todas as imagens.

Em relação à última pergunta, questionava-se o inverso da questão anterior: Qual dos fenômenos abaixo não está relacionado com a reação de oxirredução? Logo após, era apresentada a imagem 14 anterior, com imagens representando (1) efervescência, (2) respiração, (3) fotossíntese e (4) pilhas.

Figura 14: Esquema utilizado na questão 5 do formulário de conhecimentos prévios



Fonte: Autora (2025)

Para essa pergunta, quatro alunos acreditam que apenas a efervescência não está inclusa nas reações de oxirredução, dez alunos acham que a respiração não faz parte dessas reações, sete selecionaram somente a fotossíntese, nove acreditam que apenas as pilhas não fazem parte, e o restante dos alunos, totalizando dez, selecionaram todas as opções, acreditando que nenhuma faz parte das reações de oxirredução.

Essas respostas das questões 4 e 5 conseguem reforçar o quanto os alunos têm dificuldades em relacionar conceitos básicos estudados em sala de aula, com fenômenos comuns no seu cotidiano. Muitas vezes, os alunos dizem que não gostam de Química e não conseguem estabelecer conexão entre conteúdo e realidade.

Souza e Ibiapina (2023) afirmam que contextualizar o ensino exige inovação nas metodologias que serão empregadas em sala de aula e que essa inovação deve ser compreendida como um ato complexo que envolve diversas dimensões, como aspectos cognitivos do aluno, culturais, tecnológicos, sociais, éticos e políticos.

E para que todos esses aspectos sejam considerados, é necessário que haver planejamento, comprometimento, a intervenção, a sistematização, a avaliação, a integração de pessoas e, por isso, não é neutra, mas sim introduzida intencional e persistentemente em um contexto singular (Bacich e Moran, 2018).

Tendo em vista esse posicionamento, o compromisso desta pesquisa em tentar atender essas diversas dimensões, faz parte de todo o planejamento das atividades mencionadas nos encontros descritos nos próximos tópicos de discursão.

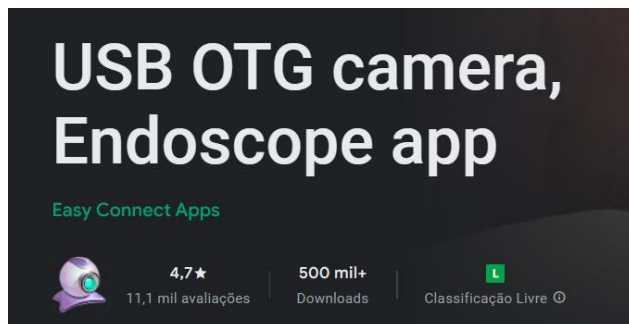
5.2.2 Encontro 1: Conhecendo a modelagem

No encontro anterior, os alunos tiveram acesso somente ao planejamento das aulas, ainda não sabiam como as atividades iriam funcionar, quais seriam as tarefas, como seriam avaliados e nem quais conteúdos iriam estudar. E foi no encontro 1 que tiveram o primeiro acesso às práticas do Ensino Fundamentado em Modelagem.

Para esse encontro, foi preparada uma apresentação de slide para ser utilizado no momento das atividades, com objetivo de nortear a mediadora quanto ao seguimento das etapas planejadas. Para iniciar as atividades, os alunos saíram da sala de aula e foram encaminhados para a sala *maker*, e não houve necessidade de levarem seu material escolar. Como no encontro anterior os alunos já haviam formado os grupos, à medida que foram entrando, cada grupo foi se organizando em uma bancada, que já estavam enumeradas e organizadas com os materiais de trabalho.

Após estarem bem acomodados, a pesquisadora foi novamente apresentada, retomando a importância da participação e empenho da turma na pesquisa. Iniciado a apresentação dos slides, foi solicitado que uma pessoa de cada grupo fizesse o download o aplicativo *USB OTG câmera, Endoscope app*² (figura 15), disponível gratuitamente na loja de aplicativos Android, para posterior conexão ao microscópio USB aos próprios smartphones.

Figura 15: Aplicativo utilizado para usar o microscópio USB no celular



Fonte: Play Store (2024)

² <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.usb.usby6>

Na sala maker estavam disponíveis oito tablets que poderiam ser utilizados para esse fim, no entanto, pensando na realidade de outras escolas e na reprodução desse tipo de atividade futuramente, optou-se pela utilização dos próprios celulares dos alunos.

Optando por usar o microscópio USB conectado aos celulares, algumas dificuldades foram enfrentadas logo no início desse encontro. Em um dos grupos, o celular que estava disponível possuía um sistema operacional diferente do Android, dessa forma o aplicativo não poderia ser executado. Em outro grupo, a maioria dos alunos não tinha conexão com a internet, e mesmo a escola disponibilizando rede *WI-FI* para os alunos, ainda tiveram dificuldade em fazer o download. Para esses casos, o tablet foi usado como alternativa para os alunos poderem usar o microscópio sem comprometer o tempo da atividade.

Finalizada a instalação, o início das atividades se deu com o seguinte questionamento: O que é um modelo geral, e o que é um modelo na Ciência? Essas respostas foram construídas em conjunto com os exemplos disponíveis nos slides e os exemplos mencionados pelos alunos, que inicialmente foram confundidos com os modelos atômicos estudados na Química.

Finalizando esse momento de esclarecimento desse termo que seria utilizado em todas as atividades, os alunos foram introduzidos ao Ensino Fundamentado em Modelagem com o auxílio do Diagrama Modelo de Modelagem v2 apresentado no slide.

Esse modelo serviu como base para os alunos entenderem como seriam mediadas as atividades daquele momento em diante. E para que essas atividades fossem respondidas, foram apresentadas diversas formas para expressar os modelos, incluindo uma caixa multiuso (figura 16), disponível em cada bancada, e alguns materiais extras disponíveis em uma mesa no centro da sala.

Figura 16: Materiais avulso e caixa multiuso



Fonte: Autora (2025)

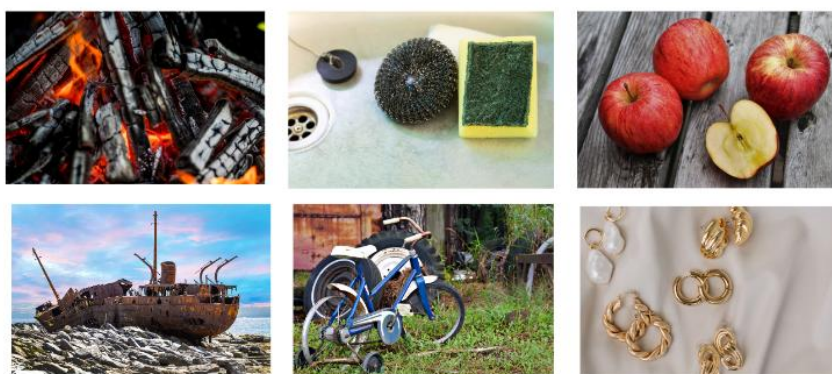
Nessas caixas foram disponibilizados lápis de cor, hidrocor, marcador de texto, massa de modelar, lápis, caneta, borracha, apontador, o microscópio USB e o seu suporte. Já na mesa com os materiais extras, foram disponibilizadas outras folhas coloridas e com gramaturas diferentes, barbante, tesoura, cola, palitos de madeira, bolas de isopor, tinta acrílica, tinta guache, aquarela, pincéis, fitas de cetim, fitas adesivas, régua, grampos, botões e sementes.

Ao total foram montadas seis caixas, contendo a mesma quantidade de material, sendo uma caixa por grupo, já os materiais extras ficaram disponíveis apenas nas quantidades observadas da imagem 16 acima.

Nesse momento de contato com esses novos materiais, houve um estranhamento por parte da turma, se perguntaram como iriam usar aqueles materiais em uma aula de Química. Falando em Química, os alunos ainda não sabiam qual conteúdo seria abordado nessa metodologia, e foi nesse momento que foram recordados de um conteúdo que já haviam estudado no início do ano: a oxirredução.

Questionados se já haviam estudado esse conteúdo, alguns responderam que sim, outros disseram que não sabiam o que significava, mas certamente já haviam estudado o conteúdo no início do ano letivo. Para lembrá-los, alguns exemplos das aulas seguintes foram utilizados no slide, a fim de gerar curiosidade sobre os temas que seriam abordados posteriormente. Cada um desses exemplos apresentados no slide (figura 17) faz parte do contexto de algum tipo de reação de oxirredução, reação essa simplificada equivocadamente apenas a ferrugem.

Figura 17: Exemplos de oxirredução abordados no encontro 1



Fonte: Autora (2025)

Além de apresentar exemplos conhecidos pelos alunos, também foi enfatizado a importância de estudar esse conteúdo, não somente para fins avaliativos, mas também para a própria formação pessoal e como parte de um conhecimento enriquecedor que ultrapassa as barreiras de uma disciplina.

Além desse momento inicial de contextualização, também foram abordadas algumas das principais dificuldades em aprender Química, e a principal mencionada pelos alunos é a abstração de determinados conteúdos. Os alunos costumam ter dificuldades em compreender certos assuntos, principalmente quando não conseguem associá-lo a algo conhecido.

Nesse contexto, o microscópio USB foi apresentado aos estudantes como um facilitador da visualização microscópica, além de serem apresentados aos três níveis do conhecimento químico proposto por Johnstone (1991).

E para fazer os testes iniciais com o microscópio USB, os alunos receberam alguns itens oxidados para fazer a observação, como pregos, moedas e palha de aço, submersos em água sanitária por alguns minutos, para acelerar a reação. Nesses casos, a observação foi feita no início, meio e final da reação. Assim que aprenderam a usar o microscópio USB, os alunos tiveram curiosidade em observar outros objetos disponíveis na mesa, além de partes do próprio corpo.

Finalizando essa parte introdutória, foi reforçado novamente o planejamento das atividades, com as datas e temáticas abordadas nos encontros seguintes, enfatizando novamente a importância da participação dos alunos em todos os encontros.

Partindo para as folhas de atividades, foi realizada a leitura em conjunto das questões, para verificar se estavam compreendendo os enunciados e dar o direcionamento adequado para cada questionamento, as dúvidas que foram surgindo eram sanadas em discussão com o próprio grupo ou até mesmo com ajuda da mediadora.

Respondendo à primeira parte das folhas de atividades, os alunos tiveram contato com as etapas de criação e expressão dos seus modelos mentais relacionados à oxirredução. Na segunda parte, onde passaram pelo teste, os alunos foram convidados a participar de um momento de análise no grupo, seguido da seleção do modelo mais coerente proposto pelos colegas, além de elaborar uma justificativa para essa decisão.

Após escolhido o modelo mais coerente, uma pessoa do grupo se deslocava até o centro da sala para apresentar, descrever e justificar o modelo proposto. Passando para a etapa de avaliação, onde toda a turma poderia analisar aquele modelo apresentado e destacar pontos positivos ou negativos que poderiam ser agregados à aquela representação.

Depois de todos os grupos apresentarem seus modelos, mais alguns minutos eram disponibilizados para que pudessem reformular ou adicionar detalhes ao modelo proposto anteriormente, finalizando as atividades do encontro.

Essas mesmas etapas do Ensino Fundamentado em Modelagem foram seguidas nos demais encontros e a ordem das etapas foi estabelecida dessa forma a fim de alcançar os objetivos propostos em cada uma das atividades.

5.2.3 Encontro 2: *Se a vida te der um limão, faça uma...pilha eletroquímica!*

Na semana seguinte, o segundo encontro teve o seguinte tema: “Se a vida te der um limão, faça uma...pilha eletroquímica”, e esse tema foi introduzido a partir de algumas discussões sobre as verdades e *fake News* em relação à realização de experimentos de geração de energia a partir de alimentos.

Essa discussão foi baseada na análise do trecho de um vídeo retirado de um canal com mais de 42 milhões de inscritos no YouTube, onde o apresentador afirma conseguir acender uma lâmpada comum, apenas com uma batata (figura 18).

Figura 18: Recorte de vídeo do Youtube: usando uma batata para acender uma lâmpada



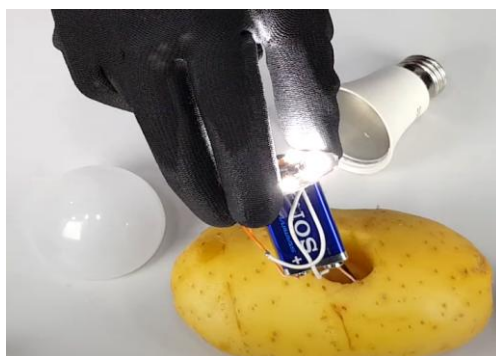
Fonte: Youtube (2024)³

³ <https://www.youtube.com/watch?v=Elo2k-6Tebc&t=705s&pp=ygUgYWNIbmRlbmRvIHVtYSBsYW1wYWRhIGNvbSBiYXRhdGE%3D>

Esse tipo de conteúdo tem se tornado cada vez mais comum nas mídias sociais, e os estudantes têm se apropriado desse tipo de informação equivocada, e acabam ficando frustrados porque não entendem o motivo daquele resultado e ao tentarem reproduzir, não tem êxito com o experimento. Antes de reproduzir o vídeo, apenas apresentando a imagem 18 anterior, os alunos foram questionados se aquele experimento era verdadeiro ou não, e como já era esperado, a maioria da turma achou que o experimento era verdadeiro, outros não quiseram comentar, e o restante não acreditou, mas ninguém conseguiu explicar o motivo de não ser verdadeiro.

Pesando na possibilidade de desmistificar esse tipo de informação, foi apresentado um trecho de outro vídeo do YouTube (imagem 19), agora de um canal sobre eletrônica, que mostra o truque por trás do falso experimento que promete acender uma lâmpada apenas com uma batata.

Figura 19: Recorte de vídeo do Youtube que mostra o truque por trás do vídeo anterior



Fonte: *YouTube* (2024)⁴

Nesse vídeo o especialista em eletrônica mostra como é possível acender a lâmpada no vídeo enganoso no outro canal. Na imagem 19 anterior é possível observar que a lâmpada de 12v possui uma bateria embutida e um super ímã, capazes de acender a lâmpada por meio de um sistema simples de contato.

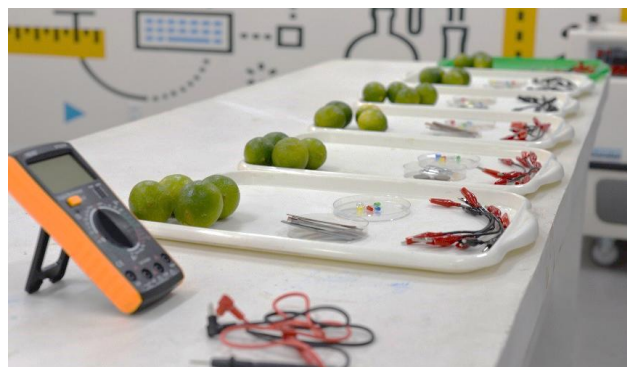
Como nenhum desses dos vídeos abordavam conteúdos químicos ou explicações científicas a respeito daquele experimento, o encontro 2 prosseguiu com a explicação Química do funcionamento de uma pilha comum, para que a partir desse conhecimento iniciassem a atividade experimental.

4

<https://www.youtube.com/watch?v=NLBQ9UTvrLE&t=163s&pp=ygUgYWNIbmRlbnRvIHVtYSBsYW1wYWRhIGNvbSBiYXRhdGE%3D>

Nesse encontro, cada grupo recebeu um kit (figura 20) com limões, moedas de 5 centavos, clips de papel, chapas de zinco, chapas de cobre, fios elétricos com conectores do tipo “jacaré” e lâmpadas de LED 3 volts.

Figura 20: Kit de materiais para o experimento da pilha do limão

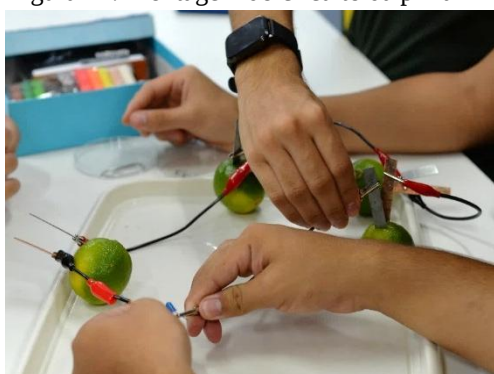


Fonte: Autora (2025)

Nessa etapa os alunos não receberam nenhum tipo de roteiro experimental, as instruções foram feitas somente com auxílio da apresentação dos slides, a ênfase e o direcionamento foram maiores na colocação alternada dos “jacarés” nos eletrodos. Dos seis grupos, apenas dois entenderam as instruções e conseguiram iniciar a montagem correta do circuito, três grupos iniciaram a montagem, mas sem fechar o circuito e um grupo não conseguiu iniciar a montagem. Nesses casos a mediação foi extremamente necessária para dar continuidade a atividade experimental.

Os grupos que conseguiram fazer o experimento sem ajuda, finalizaram primeiro a atividade (imagem 21), provocando maior empolgação no restante dos grupos que ainda não haviam conseguido acender o LED. Na imagem 21 a seguir, é possível observar os alunos envolvidos no processo de montagem do circuito, alguns alunos tiveram maior dificuldade em compreender a ordem de colocação das garras, mesmo tendo sido explicado anteriormente.

Figura 21: Montagem do circuito da pilha



Fonte: Autora (2025)

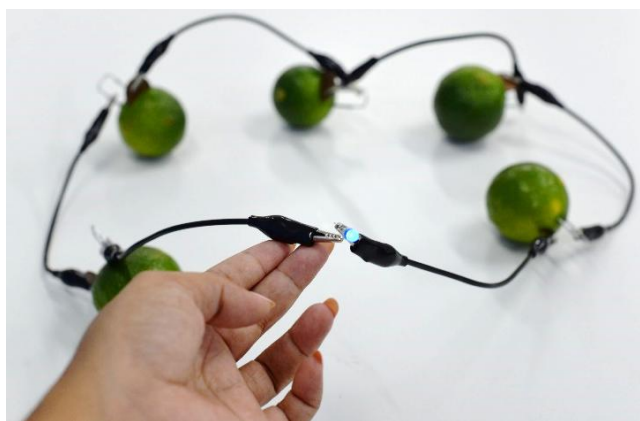
Assim que todos os grupos conseguiram fechar o circuito, a atenção se voltou novamente para a mediadora, que questionou os alunos sobre alguma evidência da geração de energia com aquele experimento, e todos responderam que não. A partir dessa resposta outro exemplo cotidiano foi utilizado, de quando estamos em casa e ficamos sem energia elétrica e a primeira forma de verificar se a energia se reestabeleceu é tentando acender o interruptor de uma lâmpada, e dessa mesma forma faríamos com o experimento da pilha de limão.

Dessa forma, compreenderam a função da lâmpada de LED no experimento e conseguiram conectá-la, fechando novamente o circuito. Depois que todos os grupos conseguiram acender a lâmpada de LED, eles foram incentivados a fazer novos testes com variação na quantidade de limões, com a posição do LED, com os eletrodos.

No início da atividade, um instrumento de medição e teste de corrente elétrica (multímetro) foi apresentado, e ficou disponível na mesa central da sala, caso algum grupo tivesse o interesse de utilizar, nesse sentido, somente um aluno do grupo G1 pediu para o utilizar, e comentou que já conhecia o equipamento e sabia manusear, pois auxiliava seu pai com serviços relacionados a eletrônica.

Esse aluno mediu a corrente elétrica do circuito montado pelo seu grupo e fez a divisão pela quantidade de limões utilizados, concluindo que, para aquele grupo, a energia gerada foi de 2,5 volts com 5 limões, tendo uma média de 0,5volts por limão. Na figura 22 a seguir é possível observar como ficou a montagem final do circuito montado pelo grupo G1, este foi montado com cinco limões, cinco moedas de cobre, cinco cliques de papel, e seis fios com uma garra jacaré em cada extremidade, além da lâmpada de LED usada para fechar o circuito.

Figura 22: Circuito da pilha fechado



Fonte: Autora (2025)

Finalizado o experimento da pilha do limão, ao desmontar o circuito, a intenção era que os alunos percebessem a oxidação nos materiais inseridos no limão, mas isso não aconteceu. Novamente, foi necessário voltar a atenção para as instruções da mediadora, que solicitou aos alunos que analisassem se esse fenômeno havia acontecido ou não.

Vale ressaltar que nesse encontro, o uso do microscópio USB foi opcional, ele estava disponível nas bancadas, mas o seu uso não foi solicitado, mesmo assim todos os grupos utilizaram nessa etapa de análise da superfície dos eletrodos.

Mesmo que as mudanças físicas fossem observadas a olho nu, os alunos usaram a ampliação do microscópio USB (figura 23), já conectado aos celulares, para analisar melhor os efeitos do ácido cítrico presente no limão na superfície dos eletrodos utilizados no experimento.

Figura 23: Utilização do microscópio USB no E2



Fonte: Autora (2025)

Após as observações serem feitas, toda a turma iniciou a resolução da primeira parte da folha de atividades 2, seguida da socialização e resolução do restante da folha de atividades, seguindo a mesma sequência do encontro anterior: criação, expressão, teste e avaliação.

5.2.4 Encontro 3: Como evitar a oxidação do ferro?

Antes de iniciar as atividades referentes ao encontro 3, foi necessário retomar algumas instruções relacionadas à resolução das folhas de atividades e ao próprio comportamento dos alunos. Muitos deles demonstravam grande preocupação em responder corretamente, em observar as respostas dos colegas, mas não no sentido de socializar para aprimorar sua resposta, mas com objetivo de copiar ou procurar validação para sua resposta.

Nesse sentido, foi enfatizado novamente que nesse tipo de metodologia não existem respostas/modelos certos ou errados, mas sim modelos mais ou menos coerentes, e isso tudo vai depender do objetivo da atividade. Além de que, caso o aluno proponha um modelo incoerente ou incompleto, ele terá oportunidade de reformular ou até mesmo refazer o seu modelo, sem que seja julgado ou avaliado como algo ruim.

Outro ponto observado e mencionado nesse momento foi a necessidade de os alunos usarem mais a criatividade para responder às questões, a maioria dos alunos dessa turma não tinham afinidade com esse tipo de atividade que envolve habilidades voltadas para o meio artístico, como desenho, pintura e a própria modelagem, essa falta de habilidade resultou na expressão de modelos iniciais com poucas cores e detalhes, além de que, a maioria dos materiais disponibilizados não estavam sendo utilizados.

Em relação a esse obstáculo, foi reforçada a questão das particularidades de cada modelo expresso, onde cada detalhe fazia parte de uma representação mental única e que não poderia ser apenas copiada do colega do lado, e que mesmo se o aluno não tivesse afinidade ou habilidade com aquele tipo de atividade, que eles se permitissem tentar e experimentar, mesmo que no início fosse difícil, mas que pelo menos tentassem.

Dito isso, o encontro 3 intitulado: Como evitar a oxidação do ferro? Iniciou questionando aos alunos quais eram as evidências que eles costumavam observar em uma superfície oxidada. As respostas foram variadas, mas a característica que mais se repetiu foi a alteração da coloração. Nesse contexto, também foram apresentadas algumas imagens de embarcações com marcas de corrosão.

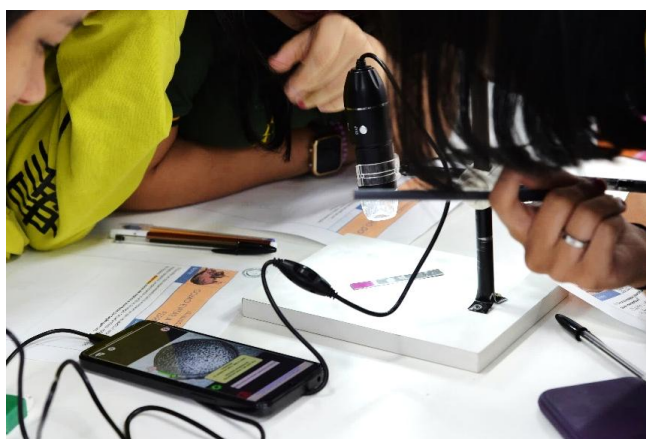
Após essa constatação, todos os alunos responderam à primeira parte da folha de atividades 3, que continha perguntas que eram possíveis serem respondidas antes da atividade experimental. Finalizada essa primeira parte, deu-se início à atividade prática. O objetivo dessa atividade era reproduzir o fenômeno que estava sendo estudado usando três reagentes diferentes: água sanitária, solução salina e ácido clorídrico. Nesse caso, havia dois recipientes para cada reagente, e os grupos puderam escolher qual reagente iriam utilizar no seu experimento.

Mesmo sem saber qual a ação de cada um dos reagentes, houve uma disputa pelo grupo que iria utilizar o ácido clorídrico, por isso, os alunos sugeriram que fosse feita uma espécie de rodízio, onde todos pudessem utilizar esse reagente. O restante do material

utilizado eram esmaltes, e as próprias chapas de zinco e de cobre usadas no experimento de pilha de limão do encontro anterior.

Para essa prática, foi solicitado que os alunos passassem uma fina camada de esmalte em uma das chapas, esperassem secar e colocassem uma gota do reagente escolhido e observassem a reação no microscópio USB. Após observado, foi solicitado que repetissem o procedimento em uma parte da chapa que não estivesse coberta por esmalte, e observado novamente no microscópio. Na figura 24 a seguir, é possível observar um dos grupos exatamente nessa etapa, fazendo análise da superfície ampliada com auxílio do microscópio USB.

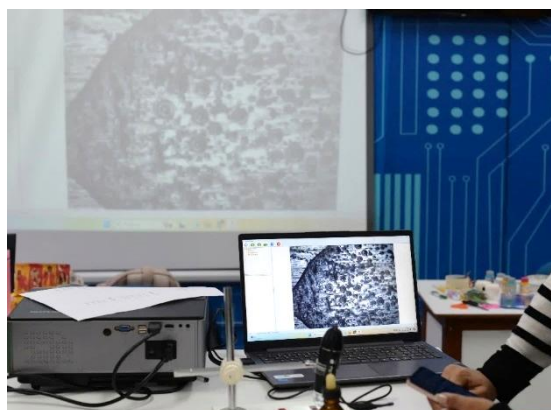
Figura 24: Uso do microscópio USB no experimento de oxidação do ferro no E3



Fonte: Autora (2025)

Os grupos que inicialmente usaram a água sanitária e a solução salina obtiveram praticamente os mesmos resultados, já o grupo que iniciou com o ácido clorídrico obteve um resultado visual mais rápido, fato que chamou a atenção da turma toda, sendo necessário projetar a imagem captada pelo microscópio (figura 25) para que todos observassem a reação acontecendo.

Figura 25: Imagem capturada pelo microscópio USB e projetada na sala



Fonte: Autora (2025)

Com essa captura feita com microscópio USB, os alunos puderam observar algumas características físicas de uma reação que dificilmente veriam a olho nu. Com esse nível de ampliação utilizado, foi possível observar claramente o processo de formação das bolhas, mudança de tamanho e desprendimento da superfície da chapa de zinco.

Em relação às áreas cobertas pela camada de esmalte, nenhum dos três reagentes apresentou qualquer alteração visível no microscópio USB. Esse resultado chamou a atenção dos alunos que rapidamente associaram o esmalte à ação protetora da tinta em materiais do próprio cotidiano.

A partir dessa associação, algumas alunas mencionaram um exemplo que seguia o mesmo objetivo do experimento com esmalte, elas relataram usarem esmalte transparente (base) para proteger e diminuir o efeito da oxidação em bijuterias usadas no cotidiano.

Finalizada a discussão, os três reagentes passaram por todos os seis grupos e a atividade experimental foi finalizada, dando início à resolução da segunda parte da folha de atividades 3. Essa segunda parte da folha de atividades estava relacionada à expressão dos modelos mentais dos alunos, e assim como nos encontros anteriores, esse seguiu a sequência: criar, expressar, testar e avaliar.

5.2.5 Encontro 4: Por que as frutas escurecem?

Diferente dos encontros anteriores, este deu início com a prática experimental, isso porque os alunos iriam investigar “por que as frutas escurecem?” e isso demandaria um tempo de espera para a observação dos resultados.

Quando os alunos chegaram na sala, o kit (imagem 26) com o material a ser utilizado já estava pronto, e cada grupo recebeu: meia maçã, meia banana, meio limão, 20ml de vitamina C, papel toalha e estilete. Dessa forma, cada grupo fez a observação de seis amostras: (1) banana, (2) banana + limão, (3) banana + vitamina C, (4) maçã, (5) maçã + limão e (6) maçã + vitamina C.

Já na figura 26 abaixo, é possível observar os materiais utilizados para esse experimento e, como a reação demandava tempo, os alunos fizeram os cortes e montaram as respectivas amostras. A observação das amostras foi feita imediatamente após o contato com os antioxidantes, e foram observadas novamente após dez minutos.

Figura 26: Kit montado para atividade prática do E4



Fonte: Autora (2025)

No início, os alunos tiveram dificuldade em observar os primeiros sinais de alterações, e para melhorar essa visualização, usaram o microscópio USB (figura 27).

Figura 27: Uso do microscópio USB no E4



Fonte: Autora (2025)

Na figura 27 anterior, é possível observar o aluno analisando duas amostras com banana no microscópio USB, verificando a presença de alterações que não eram possíveis serem vistas a olho nu. Após a espera do tempo de reação e o preenchimento da tabela com os dados observados, a diferença era clara entre as amostras, resultando na reação observada na figura 28 a seguir:

Figura 28: Visualização macroscópica do escurecimento enzimático das frutas no E4



Fonte: Autora (2025)

Finalizando a parte prática, os alunos conseguiram compreender que a amostra com limão e com vitamina C não sofriam com o escurecimento, somente a amostra onde as frutas estavam em contato com o oxigênio apresentavam alterações, mas não sabiam explicar o motivo, apenas diziam que a fruta havia “oxidado”.

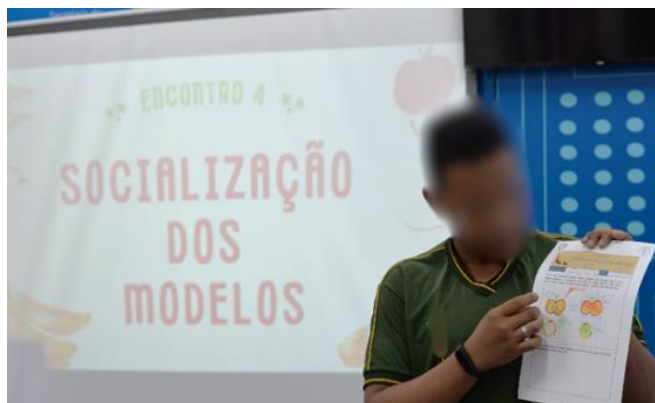
Sobre as amostras que não escureceram, os alunos associaram a função de “proteção” da vitamina C e do limão com a mesma função do esmalte no experimento do encontro anterior, onde uma fina camada de esmalte protegia a chapa de ferro da oxidação em contato com diferentes reagentes.

Já prevendo esse tipo de dúvida dos alunos, na apresentação de slides foram adicionadas algumas definições importantes sobre o escurecimento enzimático, as principais formas de ocorrência e algumas formas de prevenção, e a partir dessa explicação, os alunos compreenderam os resultados obtidos na prática anterior e puderam dar início na resolução das folhas de atividades.

Como nesse encontro a atividade prática foi realizada no início do tempo de aula, as duas partes da folha de atividades tiveram que ser respondidas simultaneamente, mas sempre com o auxílio da mediadora, que os guiava e os encorajava a tentar formas novas de expressão para seus modelos mentais, sem se prender a estética de uma forma visualmente bonita.

Ao finalizar o preenchimento da primeira parte da folha de atividades, houve a pausa para o momento de socialização, onde um aluno (figura 29) de cada grupo ia até o centro da sala apresentar o modelo mais coerente proposto pelo grupo, dando ênfase nas suas principais características.

Figura 29: Socialização do modelo mais coerente do G1 no E4



Fonte: Autora (2025)

Nessa ocasião, o restante da turma teve oportunidade de analisar o modelo do grupo em destaque e caracterizá-lo como um modelo adequado ou não, assim como também poderiam apontar falhas, como a ausência de características importantes para o funcionamento do modelo, ou valorizar a produção do grupo, enaltecendo o empenho e criatividade de alguns.

Esses momentos de socialização se transformaram em importantes espaços de desenvolvimento pessoal, pois cada aluno que se disponibilizava em representar o grupo estava melhorando suas habilidades de comunicação em público, fato recorrentemente mencionado pelos alunos e discutido posteriormente no item 5.4.2. da seção seguinte.

Finalizada a socialização, os alunos responderam a segunda parte das folhas de atividades e alguns alunos tiveram um tempo adicional destinado para reformulação de modelos, o restante que julgava ter expressado um modelo coerente seguiam com o manuseio no microscópio USB e outros auxiliavam no armazenamento dos materiais e organização do espaço da atividade.

5.2.6 Encontro 5: Qual a diferença entre combustão e oxidação?

Nos encontros 1 até o encontro 4 foram trabalhados o mesmo conteúdo químico: a oxidação, o que mudaram foram os contextos em que esse conteúdo era abordado (embarcações da região, estrutura da quadra da escola, bijuterias, frutas escurecidas), mas

esses já eram conhecidos pelos alunos, mesmo que sem profundidade, ou apenas conhecendo como “ferrugem”.

Já no último encontro, o objetivo era abordar um contexto diferente dos temas escolhidos para as aulas anteriores, um contexto onde inicialmente os alunos não conseguissem fazer a associação com o conteúdo dos outros encontros, dessa forma, o contexto escolhido foi: a combustão.

Nesse sentido, a aula iniciou com a seguinte provocação “Qual a relação entre combustão e oxidação?” e a partir dessa discussão, os alunos fizeram alguns comentários sobre possíveis relações, mas nenhum deles estava relacionado ao indicativo das reações de combustão também serem reações de oxidação.

Diante disso, foi necessário destinar alguns minutos para explicar alguns termos importantes para compreensão da reação de combustão que seria produzida na atividade prática logo em seguida. E esses termos foram apresentados com o auxílio de uma representação conhecida como triângulo do fogo (figura 30), que aborda as definições de combustível, calor e comburente.

Figura 30: Representação do triângulo do fogo utilizada no E5



Fonte: Autora (2025)

Finalizada a explicação, a última atividade prática foi apresentada, o experimento de conservação de massa, assim como os materiais necessários para sua realização: palha de aço, fósforo, isqueiro, balança de cozinha, vidro de relógio, almofariz e tesoura.

E para fazer uma verificação rápida da compreensão dos alunos sobre o triângulo do fogo, foi solicitado que relacionassem os materiais do experimento de conservação da massa com os três vértices do triângulo mencionados anteriormente, chegando em um consenso de que a palha de aço seria combustível, o fósforo seria a energia de ativação, e o comburente continuaria sendo o oxigênio presente no ar.

Compreendendo a necessidade desses três componentes para que a reação de combustão acontecesse, os alunos deram início a atividade prática, fazendo observação da estrutura da palha de aço ampliada com auxílio do microscópio USB, seguindo da pesagem e queima da palha de aço (figura 31).

Figura 31: Realização do experimento no E5



Fonte: Autora (2025)

Na figura 31 acima é possível observar o momento em que o grupo fazia a queima da palha de aço em cima da balança, para que observassem a alteração da massa em tempo real. O peso inicial da palha de aço variou conforme o tamanho escolhido pelos grupos.

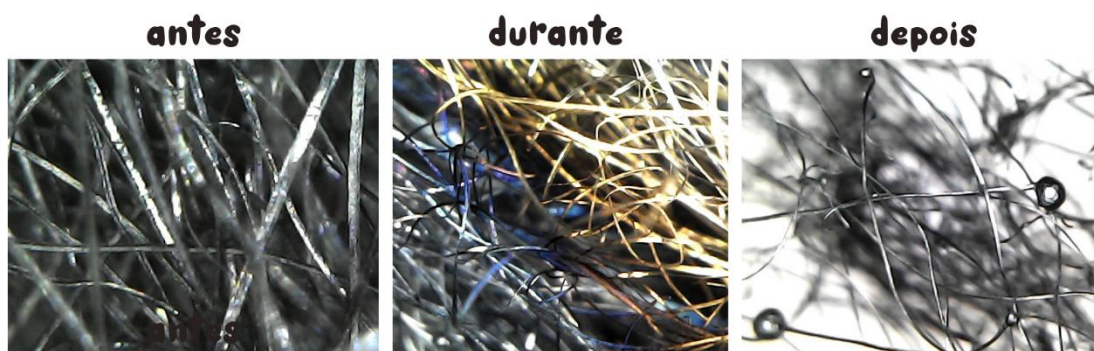
Como esperado, ao final da queima, o peso inicial das amostras haviam aumentado, evidenciando a incorporação do oxigênio devido à formação de óxidos de ferro durante a queima do material, e mesmo os alunos já tendo estudado esse conteúdo, ficaram surpresos com o resultado da pesagem, revelando dificuldade em associar os conceitos com o cotidiano.

Após a etapa de queima e pesagem, os alunos foram questionados se houve algum tipo de mudança física na estrutura da palha de aço, e a olho nu a mudança era quase imperceptível e se resumia a uma leve alteração da cor, incorporando um tom azulado a superfície onde foi queimada.

Diante disso, alguns grupos tomaram a iniciativa de fazer a verificação dessas alterações utilizando o microscópio USB, o restante dos grupos que ainda estavam somente observando macroscopicamente foram estimulados pela mediadora a também utilizarem o microscópio USB.

A partir da visualização da superfície com o microscópio USB (figura 32), os alunos perceberam alterações na estrutura da palha de aço que não conseguiam ver anteriormente, como a formação de pequenas granulações que parte continuaram presas a estrutura da palha de aço, parte se desprenderam da estrutura, formando uma espécie de pó (visto a olho nu).

Figura 32: Queima da palha de aço observada com o microscópio USB



Fonte: Autora (2025)

Nesse momento foi ressaltada a importância das imagens capturadas pelo microscópio USB, no sentido de viabilizar que o aluno consiga ter uma visualização mais próxima possível do nível microscópico, além de compreender o fenômeno, analisar e fazer comparações entre os saberes pertinentes a cada nível.

Após a finalização da atividade prática os alunos foram questionados novamente sobre a relação entre as duas reações discutidas naquele encontro: a combustão e a oxidação. A realização do experimento e a própria mediação durante a atividade auxiliaram os alunos a compreender melhor a relação dessas duas reações, mas ainda faltava uma explicação mais teórica sobre essa relação.

Diante disso, foi necessário contextualizar a explicação dando ênfase aos pontos que caracterizam a reação de combustão também como uma reação de oxidação, mencionando a oxidação do combustível (palha de aço), que perde elétrons e tem seu Nox aumentado. E o comburente (oxigênio) que sofre redução, pois ganha elétrons e o seu Nox diminui, sendo assim, eles sofrem uma variação de oxirredução para a formação dos produtos.

A partir do esclarecimento desse raciocínio, a compreensão da relação entre ambas as reações se tornou mais clara, promovendo a formação de um modelo conceitual mais

consolidado e com características que posteriormente foram materializadas na expressão dos modelos mentais.

Assim como no encontro anterior, as duas partes da folha de atividades foram preenchidas somente no final da atividade prática, buscando otimizar o tempo e promover a compreensão do fenômeno estudado por parte dos alunos. Nesse caso, a sequência das etapas no EFM seguiu a mesma ordem dos encontros anteriores, com momentos destinados a criar, expressar, testar e avaliar os modelos mentais.

No contexto desse tipo de metodologia, caso o aluno já tenha estudado o conteúdo a ser modelado, considera-se que ele já possui um modelo mental, que pode ter sido construído coerentemente ou não, e isso refletirá na forma como o aluno expressa esse modelo. No entanto, espera-se que esse modelo mental tenha sofrido modificações durante as discussões e atividades práticas realizadas, assim como a contribuição e influência do ensino pautado em um contexto que faz parte do cotidiano dos alunos.

Desta forma, considera-se que a criação dos modelos tenha sofrido diversas modificações durante todo o processo de modelagem, por isso não podemos definir um período exato para a ocorrência dessa etapa, mas sabe-se que certamente aconteceu para os modelos poderem ser expressos.

A etapa de expressão dos modelos aconteceu na própria folha de atividades, nas questões onde os alunos eram estimulados a fazer uma representação do seu modelo mental criado anteriormente, a expressão, de modo geral aconteceu por meio de desenhos, sendo a maioria coloridos e acompanhados de breves descrições.

Figura 33: Apresentação do modelo mais coerente do G2 no E5



Fonte: Autora (2025)

Já os testes e a avaliação foram realizados em forma de socialização com a turma, como mencionado nos encontros anteriores, um aluno (imagem 33) de cada grupo se direcionava no centro da sala para apresentar o modelo mais coerente do grupo, deixando o restante da turma livre para avaliar a necessidade ou não de reformulação.

Na imagem 33 acima, é possível observar uma aluna do grupo G2 fazendo a apresentação do modelo mais coerente proposto pelo referido grupo. Após a análise, os alunos tiveram tempo destinado à reformulação dos modelos, para os casos onde foram apontadas inconsistências.

Desta forma, a primeira etapa da coleta de dados foi finalizada com um momento de registros das produções dos alunos, lanche compartilhado e agradecimento pela participação e contribuição de todos na pesquisa, informando que nos próximos dias, alguns alunos iriam participar de mais uma parte da coleta de dados, o grupo focal.

5.2.7 Encontro 6: Grupo focal

O sexto encontro, referente à segunda parte da coleta de dados, aconteceu no mesmo ambiente dos encontros anteriores, a sala *maker*. Os seis alunos selecionados (um de cada grupo) foram destinados ao espaço e, juntamente com a mediadora, iniciaram o momento de interação.

Ao iniciar as interações, os alunos foram informados sobre como funcionaria o grupo focal e como ele seria conduzido, enfatizando a importância da participação e interação de cada um naquela atividade. Para facilitar a identificação dos alunos, cada um recebeu uma placa com um número e foi solicitado que, antes de interagir, a levantassem e falassem em voz alta o número da placa.

O roteiro do GF (disponível no apêndice 22) foi construído com 15 perguntas divididas em três blocos (Modelagem, conteúdo e microscópio). Essas perguntas previamente definidas serviram como guia para o seguimento das interações entre o grupo.

Ao mencionar como aconteceria o grupo focal, os alunos receberam algumas instruções básicas para a interação acontecer de forma mais organizada, e que não eram obrigados a responder todas as perguntas, que eles interagissem somente quando se sentissem confortáveis para contribuir, além de destacar novamente que não havia

respostas certas ou erradas para as perguntas, o que importavam eram as interações e reflexões promovidas pelo grupo.

No primeiro bloco, os alunos se concentraram em responder às perguntas de forma direta, sem interagir ou fazer comentários a respeito das respostas dos colegas. Era perceptível a tensão e receio de responder equivocadamente, pelo fato de saberem que estariam sendo gravados.

A partir do segundo bloco, o GF tomou características de uma conversa, onde a interação ficava cada vez mais natural, houve questões onde um aluno respondia uma determinada pergunta, esperava outros colegas também responderem, e posteriormente ainda complementava o raciocínio anterior, aumentando a margem de interação entre eles.

No terceiro bloco todos os participantes estavam interagindo em todas as perguntas, respondendo, lembrando fatos marcantes, ouvindo os colegas, concordando e discordando de posicionamentos adotados durante os encontros anteriores. Ao final das perguntas do roteiro, ainda havia muito para ouvir, estava claro que os alunos queriam ser ouvidos e se sentiam confortáveis em falar sobre o que estava sendo debatido.

Diante disso, para além dos três blocos definidos no roteiro, um último questionamento foi levantado para finalizar as interações do GF, foi solicitado que cada um fizesse uma autoavaliação de todo caminho percorrido durante os encontros, ressaltando pontos positivos e negativos das atividades e do seu desenvolvimento pessoal.

Finalizando com essa pergunta, cada integrante do grupo teve oportunidade de acrescentar fatos importantes que ficaram de fora das perguntas definidas no roteiro, além de concluir a linha de raciocínio construída desde o início da interação. Outro ponto importante foi a autoavaliação que fizeram, expondo ao grupo inseguranças e até mesmo habilidades acentuadas e desenvolvidas durante os encontros, assim como alguns pontos que poderiam melhorar no planejamento das atividades.

5.2.8 Encontro 7: Entrevistas

O último encontro relativo à coleta de dados foi destinado à realização das entrevistas individuais, seguindo o modelo “*teachback*”, onde o mediador possui liberdade para realizar uma interação mais significativa e com o entrevistado, fugindo do padrão das entrevistas estruturadas.

Para a realização das entrevistas, foram selecionados apenas um aluno de cada grupo, e essa seleção se deu por meio de sorteio e interesse por parte dos alunos sorteados, haja vista que estes foram consultados com antecedência para evitar constrangimentos.

As entrevistas aconteceram no próprio espaço da sala *maker* usado para os encontros anteriores, no tempo de aula destinado à disciplina projeto de vida, para que não houvesse prejuízo algum pela saída dos alunos.

Nesse contexto, o espaço foi modificado para gerar um ambiente agradável e que diminuísse a tensão que esse tipo de atividade carrega, além de promover um espaço de diálogo entre o grupo enquanto aguardavam seu momento de ser entrevistado. E como a sala *maker* possuía um espaço consideravelmente grande, foi possível manter esses dois grupos no mesmo ambiente (entrevistador e entrevistado; alunos que aguardavam).

A ordem no qual as entrevistas aconteceram foi definida pelo próprio grupo, e iniciou com o aluno que se sentiu mais confortável para começar. Os materiais de suporte utilizados durante a entrevista foram: bloco de notas, caneta, notebook e gravador de áudio.

As perguntas realizadas seguiram o roteiro disponível no apêndice 21 sendo divididas em quatro blocos (Modelagem, aprendizagem do conteúdo, microscópio USB e encontros), totalizando 24 perguntas, que foram elaboradas a fim de aprofundar e reforçar padrões observados durante o processo do Ensino Fundamentado em Modelagem.

Iniciadas as entrevistas individuais, cada aluno foi identificado com o código referente ao seu grupo e a partir disso, cada pergunta foi lida em voz alta para o entrevistado, caso compreendesse, respondesse à pergunta, se tivesse dúvida, a própria entrevistadora buscava formas saná-la sem se distanciar do foco da pergunta em questão, caso o aluno não soubesse ou não quisesse responder, passávamos para a próxima pergunta.

Nesse contexto, a principal dificuldade enfrentada em todo o processo da entrevista foi justamente como algumas perguntas foram formuladas. Em alguns casos, percebia-se que inicialmente os alunos não compreendiam algumas perguntas (achavam que não sabiam responder) e após a substituição de algumas palavras, começavam rapidamente a responder, e na maioria das vezes adequadamente, ou seja, para a aplicação

desse tipo de instrumento, seria relevante que o roteiro da entrevista fosse reformulado ou adaptado conforme o objetivo da atividade proposta.

No entanto, o modelo de entrevista escolhido (*teachback*) permitiu que houvesse um diálogo entre ambas as partes, e isso fez com que os seis entrevistados conseguissem responder todas as perguntas do roteiro de forma satisfatória, considerando o máximo de detalhes possíveis.

5.3 EXPERIMENTAÇÃO

Nesta seção serão abordadas três macro categorias de análise relacionadas ao aspecto experimental envolvido em toda a pesquisa. Essas categorias (5.3.1 Importância de atividades práticas no ensino de Química, 5.3.2 A contextualização e o ensino, 5.3.3 Transição entre os três níveis representacionais, e 5.3.4 Influência da visão submicroscópica na expressão dos MM) que emergiram a partir da unitarização do “*corpus*”, resultando em múltiplas unidades de análise com amplitudes variadas.

O critério adotado para realizar a desconstrução dos textos foram as análises temáticas, que faz conexões entre o nível sintático e seus referentes semânticos (Moraes e Galianzi, p.59, 2009). Nesse contexto as categorias foram formadas buscando atribuir sentido e significado ao discurso, associando a interpretação do pesquisador e os referências teóricas adotados, com foco em alcançar o objetivo específico II desta pesquisa.

5.3.1 Importância de atividades práticas no ensino de Química

Ao iniciar o Ensino Médio, uma das principais preocupações dos alunos em relação as novas disciplinas, é a Química. Esse pré-conceito de que a Química é uma matéria difícil persegue os alunos antes mesmo de a conhecerem. Nos anos iniciais, é comum a falta de identificação com o conteúdo, o que acaba afastando e reforçando esse estereótipo de disciplina que não faz parte cotidiano dos alunos.

Em contrapartida, uma minoria atribui a Química uma expectativa muito alta, relacionando experiências fictícias vivenciadas em filmes, séries e nas redes sociais. Nesse sentido é comum se frustrarem quando se deparam com sequências de aulas teóricas que não fazem sentido nenhum com a Química que imaginavam.

Refletindo sobre esses dois grupos, faz-se necessário encontrar um denominador comum que represente a Química como de fato ela é: uma disciplina com conceitos extremamente abstratos, mas que podem ser concretizados por meio de uma ação simples que desde a alquimia sempre esteve aqui: a experimentação!

Autores como Hodson (1994), Giordan (1999), Borges (2002), Farias, Basaglia e Zimmermann (2008), Guimarães (2009), Santos e Menezes (2020) vem discutindo o papel da experimentação no Ensino de Química, além de refletir e fazer levantamentos sobre a influência de sua incorporação em contextos tradicionais de ensino.

A maioria desses autores refletem a partir de um olhar mais direcionado para a visão do professor/pesquisador, e no intuito de aprofundar essa análise, nessa pesquisa daremos foco a perspectiva do estudante, buscando problematizar os principais pontos levantados por eles.

Considerando as impressões gerais dos estudantes sobre as atividades vivenciadas, e em retorno a um questionamento sobre “Você gostaria que as aulas de Química fossem mediadas dessa forma? Por quê?” (pergunta 24 da entrevista), deram as seguintes respostas:

A2G6 “eu acho que ao meu ver a gente fazer as coisas assim na prática facilita a gente entender o porquê disso acontecer, já que a gente faz isso na prática, então querendo ou não, uma hora ou outra a gente podia ter gravado isso na nossa lembrança, ah quando eu olhar para um limão ou uma moeda ou um clipe, eu já vou ter a noção de que a fazendo isso, eu posso gerar energia e acender uma luzinha.”

Nesse caso, o representante do grupo 6 repete a palavra “prática” se referindo as atividades experimentais realizadas na sequência de encontros e exemplifica o conhecimento adquirido relembrando do experimento da pilha de limão, realizado no encontro 2.

Medeiros, Rodriguez e Silveira (2016, p. 29) afirmam que as atividades experimentais “favorecem os questionamentos e a busca pelo conhecimento, permitindo relacionar teoria e prática de forma plausível, inteligível e estimuladora”. Esse favorecimento é refletido quando o estudante associa a atividade prática com a formação de uma lembrança mais concreta sobre a aula.

Seguindo nesse mesmo questionamento sobre a mediação das aulas de Química, o representante de outro grupo afirmou que:

A11G2 “eu gostaria muito que continuassem assim, porque querendo ou não é uma dinâmica que ajuda a gente a entender de diversas formas, tanto na fala, quanto na escrita, e a gente vai entendendo de uma forma melhor, porque só ficar na sala e ficar escrevendo, ainda mais se for nos últimos tempos de aula, a nossa cabeça já está cansada.”

Essa resposta reflete o sentimento dos estudantes em relação à sobrecarga ao qual são submetidos em rotinas com aulas majoritariamente teóricas, esse é um fato discutido à décadas e mais uma vez, exposto e criticado pelos estudantes. Outro ponto interessante dessa resposta é a percepção de que o caráter dinâmico das aulas práticas proporciona um aprendizado mais amplo, que percorre por habilidades dificilmente acessadas durante das aulas tradicionais.

Reforçando esse interesse pelas atividades práticas, na pergunta 6 do grupo focal, o estudante A29G1 fala que:

[...]Tudo aquilo que a gente aprendeu no ano passado foi só na teoria e agora a gente pode ver na prática então você conseguiu abordar isso de forma perfeita, tudo que eu aprendi na prática eu consegui entender facilmente. Mas isso pode implicar que se a gente tiver pelo menos o conhecimento básico se for partindo do básico para o prático e do prático para o teórico a gente consegue ter um bom resultado, um resultado bem mais legal.

Esse posicionamento, além de reforçar uma necessidade da turma, expõe uma alternativa simples que, na visão dos alunos, pode facilitar o processo de aprendizagem dos conteúdos, que é a atividade prática ocorrendo antes da aula teórica.

Nesse sentido, Nascimento (2003) afirma que: a aula prática é uma sugestão de estratégia de ensino que pode facilitar o processo de ensino aprendizagem de Química. Os experimentos facilitam a compreensão da natureza da Ciência e dos conceitos científicos, auxiliando no desenvolvimento de atitudes científicas e no diagnóstico de concepções não científicas.

Nessa perspectiva, durante a entrevista (pergunta 23), questionados sobre o envolvimento durante as atividades, foi comum obter respostas que associavam a atividade prática de modelagem com o envolvimento e motivação para concluir as tarefas

propostas. Esse recorte reforça o interesse dos estudantes pela atividade prática e reitera a ausência de uso do espaço destinado para essas atividades na escola.

A29G1 “sim, eu já tava sentindo saudade de Química desde o início desse ano, porque tudo na Química é baseado mais na prática, e nesse ano não teve muita frequência da gente vir para o laboratório, mas graças a essas aulas sim”.

Refletindo sobre as colocações dos estudantes e as diversas pesquisas que discutem o papel da experimentação no ensino de Química, podemos concluir que de fato, o ato de inserir atividades práticas experimentais no contexto das aulas de Química pode proporcionar um aprendizado ativo e mais participativo.

Sendo assim, espera-se que a experimentação seja inserida no ensino médio como prática comum, que faz parte dos planos de aula na maioria dos conteúdos, que não seja inserida de forma aleatória e sem conexão com o cotidiano dos alunos, além de poder ser utilizada em outras disciplinas além da Química.

De acordo com Guimarães (2009), a experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação, e pensando na importância dessas relações, a próxima categoria de análise está destinada a investigar a relação entre a contextualização, a experimentação e a aprendizagem.

5.3.2 A contextualização e a aprendizagem

Retomando a discussão sobre os princípios da Química, essa área do conhecimento oferece explicações para diversos fenômenos da natureza, cujo entendimento pode ser aplicado para o benefício da sociedade. É uma Ciência que está intimamente ligada ao nosso cotidiano (Astolfi e Develay, 2014; Leal, 2009; Lemke, 2006).

O termo “cotidiano” há alguns anos vem se caracterizando por ser um recurso com vistas a relacionar situações corriqueiras ligadas ao dia a dia das pessoas com conhecimentos científicos, ou seja, um ensino de conteúdos relacionados a fenômenos que ocorrem na vida diária dos indivíduos com foco na aprendizagem de conceitos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002; Santos e Mortimer, 1999).

Se considerarmos o ensino de Química na Amazônia, estaremos nos referindo a um contexto particular, com variações desde o vocabulário até as estações do ano, na cultura, na realidade local, e todos esses fatores podem ser considerados não somente como mera exemplificação para ensinar Química.

Pensando em valorizar o contexto em que os estudantes estão inseridos, o quadro 3 a seguir foi construído na tentativa de garantir que a contextualização acontecesse em todos os encontros. Nesse quadro, é possível observar os contextos pré-definidos planejados para serem abordados nas atividades, e os contextos propostos pelos alunos durante as discussões.

Quadro 3: Contextualização dos experimentos

Experimento	Tema do experimento	Contexto pré-definido	Proposta dos alunos
E2 Pilha de limão	Se a vida te der um limão, faça uma...?	Alternativa de produção de energia e desmistificação de vídeo fake da internet sobre o tema.	Sugestão de geração de energia com outras frutas e outras quantidades.
E3 Oxidação do ferro	Como evitar a oxidação do ferro?	Oxidação das embarcações da região e pintura dos “cascos” como prevenção dessa reação.	Relação com a oxidação das ferragens da estrutura da quadra da escola e com as argolas e colares de bijuteria usado pelas alunas.
E4 “Escurecimento” enzimático	Porque as frutas escurecem?	Escurecimento de frutas consumidas no cotidiano nos alunos, e possível descarte desnecessário de alimentos. Ex: Feira da banana em Manaus/AM.	Questionamentos sobre o escurecimento de outras frutas.
E5 Experimento de conservação de massa	Qual a relação entre combustão e oxidação?	Contexto das queimadas recorrentes na região amazônica.	Queima de vela e papel

Fonte: Autora (2025)

A escolha dos contextos levou em consideração a seguinte afirmação: Promover um ensino contextualizado vai além de utilizar exemplos de como e onde determinado conhecimento pode ser aplicado, devendo-se considerar a cultura e realidade local de modo a promover atividades nas quais os conhecimentos aprendidos na escola possam explicar e resolver situações das vivências dos estudantes.

Nas questões 1 e 2 da folha de atividades 3, os alunos foram questionados em quais momentos do dia a dia costumavam identificar as reações de oxirredução. Essas duas questões foram respondidas após à introdução e contextualização do conteúdo com a oxidação das embarcações e pintura para prevenir o desgaste da superfície. Além do contexto das embarcações, surgiram outras alternativas, dentre elas:

A12G1 “Sim, no dia a dia o meu cordão, os meus anéis, que a cada dia que eu uso ficam mais oxidados”.

A35G2 “Sim, por exemplo os eletrodomésticos, bijuterias, cadeados, moedas, e até mesmo o portão da nossa casa”.

A08G5 “O escurecimento da maçã, quando ela fica exposta ao ar livre”.

A21G6 “Perto de casa tem um balanço, e as correntes deles são todas enferrujadas, também tem o bombril, se deixar na pia, ele enferruja”.

Analisando as respostas acima, percebemos que a maioria dos estudantes conseguiram fazer associações coerentes, e expor fatos cotidianos relacionados ao conteúdo estudado. Nesse mesmo sentido, na pergunta 10 da entrevista, questionados se conseguiam associar os problemas utilizados nas atividades com outras situações cotidianas, responderam:

A22G4 “Sim a questão da oxidação, antes, sem saber direito o que acontecia com os ferros que eles oxidam, eu não tinha noção do processo químico que acontecia, e é uma coisa que é interessante no nosso dia a dia”.

A11G2 “Sim, teve um desenho que eu fiz que foi do cadeado em uma corrente, e a gente tava falando sobre ferrugem né, aí eu já tinha visto um cadeado desse lá na casa da minha avó, e tinha essa mesma ferrugem que eu desenhei”.

Na entrevista, esses dois estudantes seguiram a mesma linha de pensamento das respostas da folha de atividades 3, dando exemplos do cotidiano, mas sem trazer nenhum contexto novo e sem adicionar novos detalhes. Já na entrevista, o único estudante que afirma não conseguir associar o conteúdo com o cotidiano é o A29G1:

A29G1 “Tipo no meu cotidiano não. Mas deu para pelo menos compreender por exemplo como dá para preservar alguma fruta, algumas formas de proteger o material de ferro ou algum outro material, aqui na escola, a estrutura do telhado lá da quadra estão todos enferrujados, acho que se tivesse pintado não estaria assim né, mas no cotidiano mesmo só um pouco, mas isso é bom, vai reforçar algumas coisas na vida assim.

Mesmo o estudante afirmando que não consegue associar o conteúdo ao cotidiano, ele exemplifica a questão do escurecimento enzimático, que também faz parte das reações de oxirredução. Esse participante também se distingue dos outros porque aborda um novo contexto que não havia sido discutido na sala, que é a estrutura da cobertura da quadra poliesportiva da escola, ele associa esse fato a atividade experimental do encontro 3 onde usamos o esmalte para demonstrar a ação da tinta na prevenção da oxidação do ferro.

Esse tipo de negação pode estar relacionado com a resistência que alguns alunos tem em aprender Química, resultando na ausência de compreensão da relação entre o conhecimento químico e a realidade.

Essa desconexão entre o conteúdo físico e a realidade cotidiana dos estudantes pode ser superada quando eles são expostos a contextos práticos e experimentais que tornam o conhecimento mais palpável e relevante. A experimentação, além de estimular a curiosidade, permite que os alunos façam associações entre os conceitos teóricos e situações do dia a dia, promovendo um entendimento mais profundo.

Durante a pergunta 7 do grupo focal, um novo contexto foi introduzido por uma estudante, novamente associando novas formas de prevenir a oxidação de alguns materiais com os experimentos realizados no encontro 3.

A15G5 “Sim eu acho que na nossa penúltima aula foi quando a gente colocava o esmalte no ferro e depois a gente colocava um oxidante, nesse caso, o ferro tava protegido e o outro sem esmalte é mais ou menos como ocorre nas nossas bijuterias, eu mesma tenho umas coisas lá em casa e eu não entendia mais ou menos como funcionava né, aí eu vi um vídeo no TikTok de uma mulher ensinando a gente a passar base de unha nas bijuterias da shein pra não enferrujar tão rápido, mas não sabia se era verdade, fiquei com medo de estragar as minhas [...]”

Essa resposta chama atenção por trazer à tona um contexto mais específico no universo adolescente, primeiro ela relembra o experimento do encontro 3, depois ela associa o esmalte utilizado na atividade com uma técnica parecida aplicada em bijuterias adquiridas em um famoso site de compras online, e ainda finaliza informando que essa “dica” veio de uma rede social, e que por isso, teve dúvidas sobre a veracidade da informação.

E é justamente nesse momento que a Química começa a chamar a atenção do estudante, é quando ele percebe que a Química extrapola a sala de aula e o vestibular e pode ser facilmente aplicada no seu cotidiano como forma simples de prevenir um dano

em uma bijuteria. Nesse sentido, quanto mais rápido o estudante perceber que a Química não está reservada apenas para os laboratórios e para as avaliações, mais simples será a compreensão dos conteúdos.

Como mencionado pela estudante A15G5, essa mesma Química considerada inalcançável também está nas redes sociais, ela é divulgada diariamente por pesquisadores comprometidos em promover a divulgação científica, que se preocupam em alinhar a descontração das redes sociais com a responsabilidade em respeitar a natureza do conhecimento científico.

Todas essas formas e contextos diferentes para aprender Química podem ser explorados em sala de aula sem comprometer o aprendizado do conteúdo em si, na verdade, podem auxiliar em uma mudança onde o estudante comece a perceber a Química cada vez mais próxima do seu contexto.

Nesse sentido, quando unimos a atividade experimental e um planejamento envolvendo contextos previamente conhecidos pelos estudantes, estaremos potencializando as vantagens de unir a teoria e a prática para ensinar Química. Entretanto, relacionar apenas esses dois níveis não é mais suficiente para promover uma compreensão mais ampla da Química.

É por esse motivo que devemos relembrar os três níveis do conhecimento químico propostos por Johnstone, onde suas pesquisas ultrapassam as barreiras da teoria e da prática, e agregam mais um nível ao conhecimento químico, que nessa pesquisa, chamaremos de macro, submicro e representacional. Dessa forma, na próxima categoria de análise, essa pesquisa se concentrará em discutir a transição entre os três níveis representacionais e sua relação com o processo de ensino e aprendizagem.

5.3.3 Transição entre os níveis representacionais

Grande parte das dificuldades da aprendizagem em Química se devem ao fato de que, o processo de ensino e aprendizagem se dá quase que exclusivamente em uma das arestas do triângulo (macroscópico e representacional), deixando de lado aspectos mais estruturais (correspondente ao vértice do submicroscópico) privando o aluno da sua capacidade de modelagem. (Johnstone, 2000).

Para haver essa transição entre os níveis representacionais, é necessário dispor de meios que aumentem a capacidade do aluno em observar acontecimentos e criticá-los com base em argumentos científicos (Osborne, 2007). E é nesse sentido que o ensino fundamentado em modelagem foi incorporado a essa pesquisa, buscando facilitar a transição, principalmente no contexto do nível submicroscópico.

O uso de um microscópio USB em atividades de modelagem pode desempenhar um papel importante na visualização e compreensão de especificações submicroscópicas que, de outra forma, seriam invisíveis aos estudantes. Ao permitir que os alunos observem diretamente as estruturas e reações em nível submicroscópico, esse instrumento facilita o acesso à transição entre os níveis representacionais.

Na pergunta 13 do grupo focal, questionados se as imagens captadas pelo microscópio USB ajudaram a entender as reações que estavam acontecendo, apenas dois alunos comentaram:

A15G5 “Ajudou sim, mesmo a gente não vendo átomo que tá reagindo, mas aqui a gente viu mais ou menos como aquela reação ocorre e conseguimos compreender melhor”

A representante do grupo G5 responde positivamente e faz um comentário importante para analisarmos a fluência entre o nível submicroscópico. Ela tem consciência de que o microscópio USB não é capaz de mostrar os átomos (nível microscópico), mas que a ampliação da visualização de uma determinada reação a ajuda a compreender melhor o que está acontecendo, e como consequência, conseguirá expressar um modelo mental mais coerente.

Já o aluno representante do grupo G2 respondeu da seguinte forma:

A11G2 “Sim, me ajudou bastante, porque como eu tinha falado, eu tenho querendo ou não uma dificuldade de desenhar só pelo que penso e tal, e aí quando a gente colocava o microscópio no experimento, ele meio que facilitava bastante porque eu acabava vendo e eu conseguia expressar de uma maneira bem melhor”

O estudante G2, em grupo, se sente confortável para compartilhar sua dificuldade em expressar seu modelo mental por meio do desenho. Ele atribui esse impedimento ao fato de nunca ter visto tais reações, apenas imaginado como seriam. Essa dificuldade de concretizar os modelos é motivada pela constante abstração dos conceitos Químicos.

Esse esforço também se deve à complexidade do processo de produção dos modelos, por serem fruto de representações pessoais criadas individualmente ou em grupo, inacessíveis aos demais, chamadas de modelos mentais (Gilbert, 2004).

Essa mesma dificuldade voltou a ser discutida pelo estudante A11 na pergunta 4 do grupo focal, quando foram questionados sobre quais as dificuldades encontraram no processo de formular o modelo mental, e depois expressá-lo por meio de uma representação concreta.

A11G2: Eu tenho muita dificuldade ainda em desenhar, e ficar tipo imaginando e desenhar logo geralmente quando eu vou fazer algo relacionado a desenhos ou algo do tipo eu preciso ver um desenho para poder me inspirar, e aí quando você ficava falando para a gente desenhar e pensar sobre os nossos modelos foi bem difícil, mas foi melhorando ao longo dos dias aí no último agora foi bem mais fácil para expressar.

Com essa resposta, a representante do G2 reafirma essa necessidade de imaginar algo concreto para se “inspirar” na expressão de um modelo. Nessa mesma pergunta, a representante do grupo G4 concorda e complementa, descrevendo um pouco mais sobre essa dificuldade:

G4 “Eu acho que a dificuldade principal foi retratar exatamente o que a gente estava imaginando porque por exemplo eu poderia imaginar bem o modelo na minha cabeça, mas para reproduzir no papel foi um pouco complicado porque como a senhora falou é sobre a visualização de algo que a gente nunca viu, e tipo a reação Química microscópica da oxidação é uma coisa que a gente não consegue imaginar porque é fora da “realidade” porque a gente não consegue ver.”

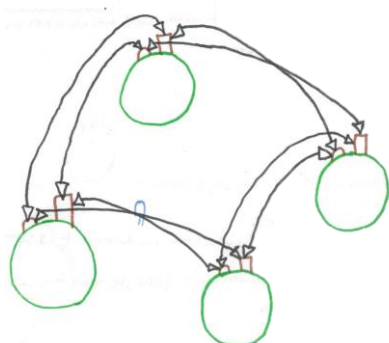
A utilização desses modelos no ensino de Química é recomendada para diferentes funções, das quais se destacam: facilitar no entendimento de fenômenos complexos a partir de representações simplificadas; favorecer abstração de entidades impossíveis de serem visualizadas; servir para fornecer uma base para previsão de funções mais complexas; “fundamentar a proposição e a interpretação de experimentos” e “ser um mediador entre a realidade modelada e teorias sobre ela” (Justi, 2011, p. 212)

Esse tipo de reflexão feita pelos estudantes faz com que percebamos que essa dificuldade pode ser superada, e que a modelagem, associada ao uso do microscópio USB pode facilitar esse processo, e na intenção de nos aprofundarmos no acesso ao nível submicroscópico, seguiremos a análise nas folhas de atividades.

Folha de atividade 2

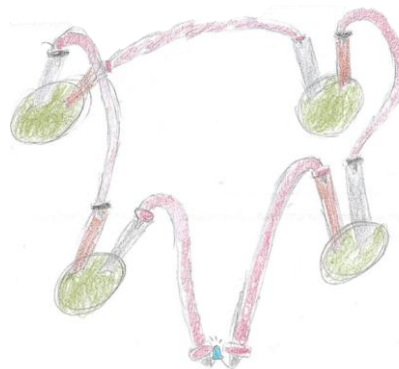
Na questão 4, da folha de atividades 2, metade da turma expressou modelos bem similares referentes ao experimento da pilha de limão, nesses modelos, foram expressos todos os materiais básicos utilizados: os limões, as moedas, os chips, os conectores e a lâmpada de LED, observados nas figuras 34 e 35 a seguir.

Figura 34: Modelo expresso pelo grupo 2



Fonte: Dados da pesquisa

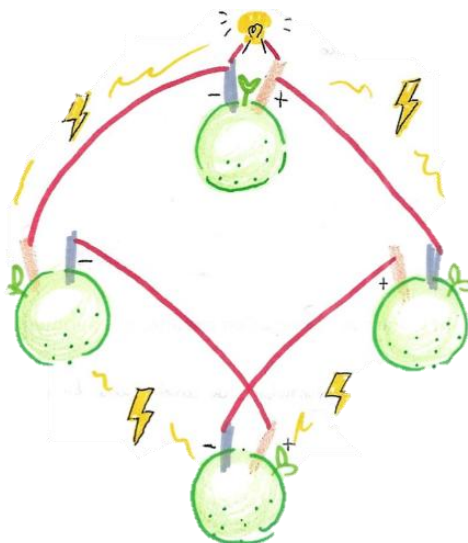
Figura 35: Modelo expresso pelo grupo 5



Fonte: Dados da pesquisa

A figura 34 acima representa o modelo expresso pelo grupo G2, e a imagem 34 representa o modelo do grupo G5, ambos expressam modelos simples, com a quantidade e ordem correta dos materiais, formando o circuito para acender a lâmpada de LED. Mesmo se tratando de um modelo inicial, percebe-se que esses dois estudantes operam apenas nos níveis macroscópicos, pois não apresentam nenhum tipo de referência às questões submicroscópicas ou representacionais. Ainda no encontro 2, outros estudantes conseguiram agregar novas informações aos modelos expressos:

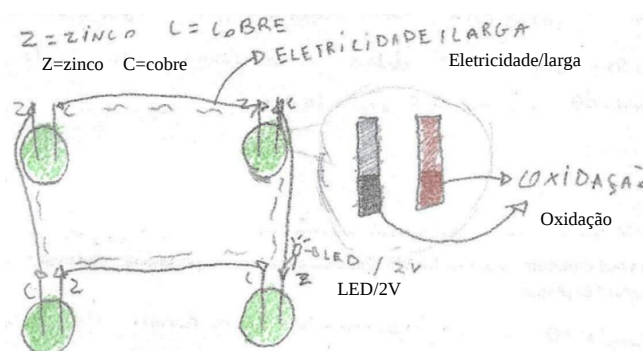
Figura 36: Modelo expresso pelo grupo 3



Fonte: Dados da pesquisa

A imagem 36 representa o modelo expresso pelo grupo 3, que está composto por quatro limões, quatro placas de zinco e quatro placas de cobre (adequadamente conectadas), além do fechamento do circuito com o acendimento da lâmpada de LED. Nesse modelo, o estudante também indica a carga dos eletrodos e os diferencia com a cor, e com sinais de positivo (+) e negativo (-), além de representar a passagem de energia com ondulações e um “raio” ⚡ na cor amarela.

Figura 37: Modelo expresso pelo grupo 4



Fonte: Dados da pesquisa

Já a imagem 37 representa o modelo expresso pelo grupo 4, a base desse modelo segue o mesmo padrão do restante da turma, com a montagem correta e fechamento do circuito com a ligação da lâmpada de LED (indicando a voltagem), a diferença é que ele distingue os eletrodos com as letras “Z” para zinco e “C” para cobre, indicando que não conhece o símbolo correto desses elementos.

Mas o que chama atenção para esse modelo é uma espécie de ampliação que o estudante faz na lateral do circuito para representar ambos eletrodos em uma proporção maior. Ele faz o desenho das duas placas, agora ele as distingue pela cor característica de cada uma, faz um traço no meio e preenche mais a parte de baixo da placa, indicando por meio de setas que houve oxidação somente nas partes onde a placa esteve em contato com o limão.

Nesses dois últimos casos, ambos se destacam comparados aos dois modelos anteriores, e esse diferencial é percebido a partir da inserção de alguns detalhes importantes para indicar o acesso e transição entre os níveis macro e submicro.

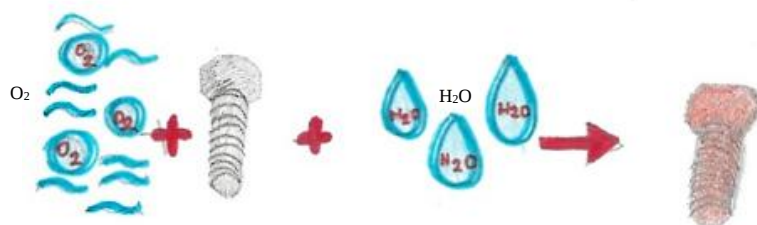
Folha de atividade 3

Já na questão 2 da folha de atividades 3, os alunos a responderam antes de realizar a atividade prática, e nela já é possível perceber o início da evolução dos estudantes em

relação ao acesso aos três níveis representacionais. Os modelos apresentados a seguir foram expressos no campo destinado à questão 2 do instrumento, nesse item foi questionado “Como você vê o processo de ferrugem?”

Na imagem 38 a seguir, representada pelo modelo do G6, eles conseguem expressar um modelo que transita por dois níveis representacionais, onde é possível observar os elementos macro (parafusos e gotas de água) e os elementos representacionais (O_2 e H_2O). Vale ressaltar que o grupo tenta adicionar aspectos do nível submicro, mas fazem isso de maneira inadequada, pois a representação do O_2 deveria ser dois oxigênios ligados, e H_2O representada pela ligação entre os dois hidrogênios e um oxigênio.

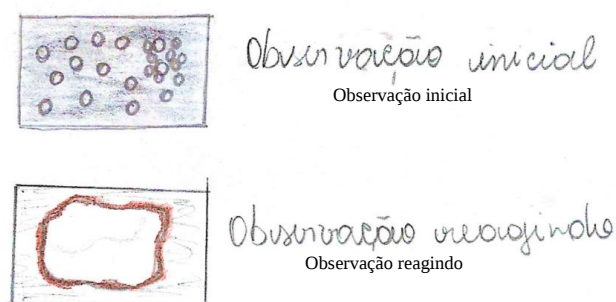
Figura 38: Modelo expresso pelo G6



Fonte: Dados da pesquisa

Por se tratar de um modelo inicial, podemos considerar esse tipo de representação como parcialmente adequada, necessitando ainda de algumas reformulações e testes para se tornar um modelo coerente, mas de forma geral, quem o observa consegue compreender que a ação do oxigênio em um parafuso de metal, associado a presença de água pode causar a oxidação desse parafuso, e essa sequência é representada pelo formato de equação Química. Outro modelo proposto nessa mesma questão foi expresso pelo G1 da seguinte forma:

Figura 39: Modelo expresso pelo G1



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 40: Captura no microscópio USB



Fonte: Autora (2025)

Esse modelo (figura 39) expresso representa dois momentos em uma reação de oxirredução. A observação inicial é referente à visualização com o microscópio USB (figura 40) no primeiro minuto em que a gota de ácido clorídrico entra em contato com a chapa de zinco. Esse modelo representa as bolhas que se formaram no início da reação. Na figura 40 ao lado, é a uma captura de imagem feita pelo microscópio USB, referente à reação modelada.

Já o segundo retângulo, que representa a “observação reagindo”, retratando a diferença de textura em relação ao início da observação, esse fato é destacado pela criação de uma borda na cor laranja, onde o centro permanece “liso”, indicando que a olho nu, a única alteração visível era o destaque da borda.

Nesse modelo (imagem 39) o estudante consegue transitar entre os níveis submicro (representado pela formação das microbolhas) e o nível macroscópico (representado pela formação da borda e da alteração na cor do material), em relação ao nível representacional, nesse modelo não houve nenhuma indicação de acesso.

Folha de atividade 4

Passando para a folha de atividades 4, na questão 2, foram solicitados que os estudantes fizessem representações dos efeitos da ação antioxidante na fruta escolhida pelo grupo. Nas imagens 41 e 42 a seguir, é possível observar dois modelos que representam a transição entre os três níveis representacionais.

Figura 41: Modelo expresso pelo G3



Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 41 acima, analisamos um modelo expresso pelo G3 para a atividade prática realizada no encontro 4, onde os grupos escolhiam algumas frutas e observavam

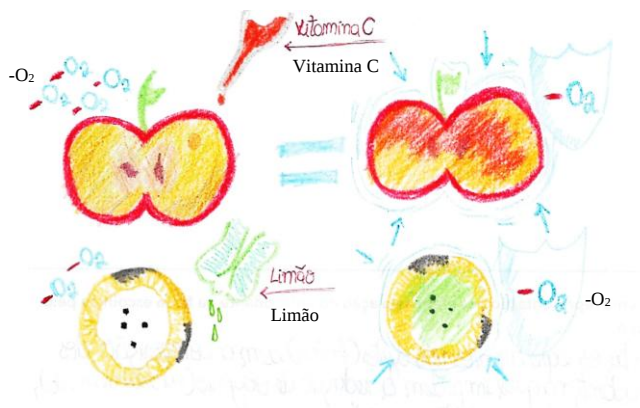
a ocorrência do escurecimento na superfície das frutas (nesse momento ainda não conheciam o termo “escurecimento enzimático”).

Nesse modelo, o estudante transita coerentemente entre os três níveis representacionais: macro (escurecimento da superfície da maçã), representacional (símbolo do oxigênio), e no caso do nível submicro, com a representação das moléculas de oxigênio ao redor da maçã, indicando a necessidade da presença desse elemento para que haver reação.

No caso desse experimento, o tempo de pausa para que a reação (escurecimento enzimático) acontecesse era cerca de 30 minutos, dessa forma, os estudantes decidiram usar o microscópio USB para verificar as mudanças na superfície das frutas, haja vista que esse tempo não era suficiente para perceber mudanças significativas a olho nu.

Ainda para essa mesma atividade experimental, o estudante A29G1 expressou um modelo completo, indicando acesso aos três níveis representacionais. Nesse modelo (figura 42), podemos observar uma variedade de detalhes referentes à reação de escurecimento enzimático:

Figura 42: Modelo expresso pelo G1



Fonte: Dados da pesquisa

Na parte de cima da figura 41, observamos a representação da maçã exposta ao O_2 , seguida do gotejamento de uma solução de vitamina C, um sinal de igualdade (=) levando a outra maçã com algumas marcas com a coloração laranja mais forte, indicando a alteração da cor, no lado direito onde houve contato com o antioxidante o estudante representou um escudo “protegendo” a fruta da ação do O_2 .

Na parte de baixo, é representada a reação com uma fatia de banana. O modelo segue o mesmo padrão da reação com a maçã, mas nesse caso, o antioxidante utilizado

foi o limão. Nesse caso, a representação inicial já havia sido atingida pela ação do O₂, mas após o cotejamento do limão, essa mancha cinza permaneceu, mais não aumentou, resultado da proteção exercida pelo antioxidante.

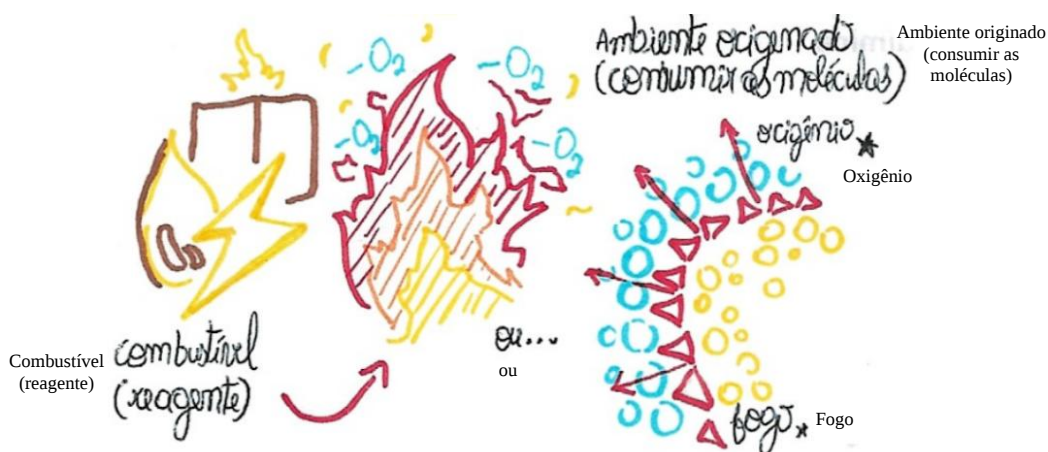
De modo geral, no encontro 4, os estudantes seguiam evoluindo em relação à expressão dos modelos, e como consequência, um número maior de estudantes estava tendo acesso ao nível submicro. Esse último modelo (imagem 42) representa grande parte dos modelos expressos para essa reação, além disso, observamos também o aumento do detalhamento desses modelos.

Encontro 5

No encontro 5, na primeira pergunta da folha de atividades, foi solicitado que os estudantes usassem aquele espaço para representar como entendiam como uma reação Química de combustão. Nas duas figuras a seguir (43 e 44) são apresentados dois exemplos de modelos completos expressos no último encontro.

Os estudantes elaboraram um modelo (figura 43) para representar sua interpretação sobre a reação de combustão, nesse modelo o aluno inclui os três elementos necessários para a reação ocorrer, o combustível (gota=líquido, gasoso=raio, sólido=retângulo), o comburente (oxigênio) e a energia de ativação (fogo).

Figura 43: Modelo expresso pelo G1



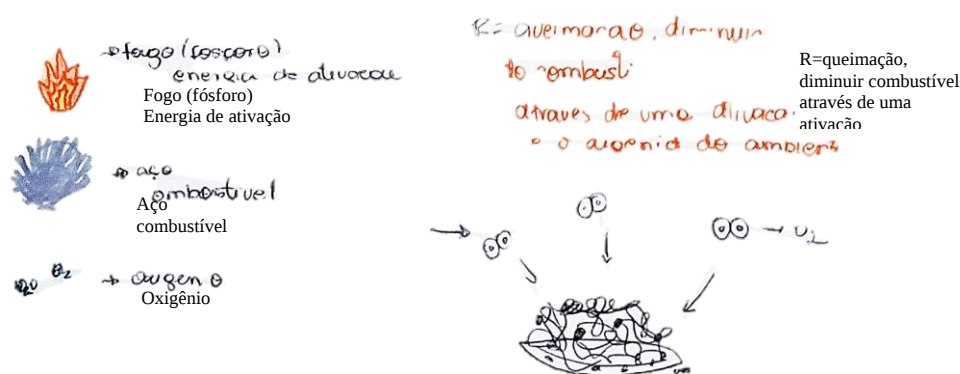
Fonte: Dados da pesquisa

Nesse modelo, os estudantes demonstram transitar entre os três níveis representacionais, e essa transição é evidenciada pelos elementos inseridos no modelo: macro (fogo), representacional (O₂) e submicro (representação microscópica do fogo).

O modelo elaborado pelo estudante G4 (imagem 44) também inclui os três elementos presentes no triângulo do fogo, mas nesse caso, ele representa a palha de aço como o combustível, o fogo (fósforo) como energia de ativação e o oxigênio como comburente. Ao lado, o estudante descreve o modelo mencionando “Queimação, diminuição do combustível mediante de uma energia de ativação e o oxigênio do ambiente”.

Em relação ao nível submicro, a principal evidência de que este foi acessado é a presença de elementos que só foram visualizados pelo microscópio USB, o qual foi o caso da formação do óxido de ferro em algumas partes da palha de aço, e a própria alteração na sua estrutura, que quase não era vista a olho nu.

Figura 44: Modelo expresso pelo G4



Fonte: Dados da pesquisa

Fazendo uma análise geral do desempenho dos estudantes na transição entre os níveis representacionais, percebemos que estes foram evoluindo conforme os encontros iam sendo realizados, com base nessa análise, podemos constatar que as atividades de expressão dos modelos conseguiram promover a transição entre os três níveis, focando principalmente ao nível submicro. Tendo isso em vista, na seção seguinte analisaremos a influência do nível submicroscópico na expressão dos modelos mentais dos estudantes.

5.3.4 Influência da visão sub-microscópica na expressão dos MM

Na seção anterior, encontramos evidências que indicam o acesso ao nível submicro por meio da prática inserida no ensino fundamentado em modelagem, agora discutiremos como esse acesso influenciou na expressão dos modelos mentais dos alunos,

iniciando pela análise da pergunta 14 da entrevista: O que mais chamou sua atenção em relação às imagens captadas pelo microscópio USB?

A11G2 “O que mais chamou atenção foram os detalhes que tinham na banana e na maçã também, foram os detalhes que a olho nu a gente não consegue ver, mas no microscópio a gente viu”.

Os estudantes destacam como a visão sub-microscópica proporcionada pelo uso do microscópio e das atividades de modelagem influencia sua percepção de detalhes invisíveis a olho nu. A resposta A11G2 menciona: “foram os detalhes que a olho nu a gente não consegue ver, mas no microscópio a gente viu”. Essa experiência permite uma compreensão mais detalhada das estruturas, reforçando a importância da transição entre os níveis de representação Química.

De acordo com Johnstone (1993), a aprendizagem da Química envolve três níveis representacionais: macroscópico, sub-microscópico e representacional. O nível sub-microscópico, frequentemente inacessível para os alunos, pode ser explorado por via de ferramentas como o microscópio, que auxiliam os estudantes a visualizar aquilo que, de outra forma, não seria percebido.

Essa observação é essencial para uma melhor internalização de conceitos abstratos, como a transferência de elétrons nas reações de oxirredução, e a construção de modelos mentais que integram essas dimensões. Já o estudante A22 respondeu que:

A22G4 “Por mais que não fosse um microscópio muito elaborado, ele conseguia captar muito bem os detalhes, e deu uma percepção totalmente diferente para os nossos modelos.”

A observação sub-microscópica, apesar de limitada, alterou significativamente a percepção dos alunos sobre os fenômenos que estavam sendo estudados. A aluna A22G4 reflete que, “Por mais que não fosse um microscópio muito elaborado, ele conseguia captar muito bem os detalhes, e deu uma percepção totalmente diferente para os nossos modelos”.

Esse relato se alinha as pesquisas de Justi (2006), que afirma que os modelos mentais dos alunos são dinâmicos e se modificam com novas informações. Ao acessar o nível sub-microscópico, os alunos adquirem novas evidências que enriquecem e refinam seus modelos mentais e consequentemente, expressam modelos mais coerentes.

Nesse contexto, a modelagem desempenha um papel crucial para a transição entre os níveis representacionais, permitindo que os estudantes visualizem e ajustem suas interpretações dos fenômenos químicos à medida que observam mais detalhes e acessam com mais facilidade o nível sub-micro.

A29G1 “Foi mais, foi principalmente as reações, a gente o antes, e também durante, a gente tava vendo os detalhezinhos, principalmente porque a gente não consegue ver, mas como microscópio dá para ver mais ou menos.”

Embora o microscópio tenha facilitado a observação de detalhes sub-microscópicos, alguns alunos ainda demonstraram dificuldade em fazer a transição completa entre os níveis representacionais. O aluno A29G1 afirma que “dá pra ver mais ou menos”. Essa observação destaca que, apesar do microscópio ser uma ferramenta útil, ele nem sempre garante a compreensão total dos conceitos químicos.

Nesse sentido, Johnstone (1993) afirma que a verdadeira compreensão da Química exige que os alunos articulem eficazmente os três níveis representacionais, mas essa transição nem sempre é fluida. A experiência sub-microscópica ajuda, mas os estudantes podem continuar enfrentando obstáculos ao tentar integrar essa informação com suas representações macroscópicas e representacionais. Já o estudante A21:

A21G6: “Eu acho muito interessante como a gente pode observar assim bem claro a estrutura das coisas, quando a gente fez na vitamina né, a gente conseguiu observar bem as partículas, as bolinhas se mexendo assim, então isso é muito interessante né já que a gente não consegue ver a olho nu, conseguir ver através do microscópio.”

As observações feitas pelo estudante A21 sugerem que a visualização das "partículas se mexendo" foi um elemento significativo para materializar conceitos abstratos, como a movimentação de íons e a transferência de elétrons nas reações de oxirredução. Como essas partículas e reações ocorrem ao nível molecular, o microscópio fornece um ponto de entrada essencial para os estudantes começarem a formular hipóteses mais sofisticadas sobre os fenômenos químicos, mas sozinho, não é capaz de promover a visualização de átomos ou moléculas.

Justi (2006) destaca que a modelagem experimental e a visualização de representações sub-microscópicas permitem que os estudantes construam um

entendimento mais sólido, capaz de ser transferido para outros contextos. Assim, a observação experimental realizada pelos alunos pode ser uma primeira etapa no desenvolvimento de modelos mentais mais completos e refinados, especialmente em tópicos como oxirredução, onde a visualização da transferência de elétrons é desafiadora.

Seguindo para a questão 15 da entrevista, onde os alunos foram questionados de forma mais direta se “A visualização microscópica ajudou a elaborar seus modelos mentais?” os estudantes respondem e expressam claramente como a visualização microscópica contribuiu diretamente para a elaboração e refinamento de seus modelos mentais.

A15G5: “Me ajudou sim, eu fazia o desenho, e eu colocava um quadradinho e sinalizava como se fosse ampliação daquela imagem.”

Isso sugere que o aluno está utilizando a observação microscópica como uma “ferramenta” para visualizar e detalhar mais precisamente seu modelo, criando uma ponte entre o nível macroscópico (aquilo que ele vê a olho nu) e o sub-micro. Já o estudante A21 comenta que:

A21G6: “Sim ajudou, porque se não fosse ela eu não teria certeza do porque aquilo aconteceu, agora com as partículas, eu consegui imaginar que elas se mexeram por causa disso ou que estouravam por causa daquilo.”

A resposta do estudante A21 traz um exemplo interessante de como a visão submicroscópica auxilia na compreensão do comportamento dinâmico das partículas. Aqui, o estudante demonstra que a observação microscópica não somente forneceu uma visualização estática das partículas, mas também uma compreensão dinâmica do que estava ocorrendo em nível sub-microscópico.

Nesse caso, a visualização das partículas permitiu que ele elaborasse um modelo mental que incorporava movimento, possibilitando uma compreensão mais rica dos processos químicos, como as reações de oxirredução. Isso também pode ser interpretado como uma internalização dos conceitos de cinética molecular e comportamento das partículas, algo crucial para a compreensão de reações químicas. Nesse mesmo sentido, o estudante A29 comenta que:

A29G1: “Ajudou muito, principalmente porque em todos os modelos eu usava a visão microscópica e a visão do meu próprio olho e fazia lado a lado uma comparação.”

Em sua resposta, o estudante A29 reflete sobre a utilidade de comparar a visão microscópica com a percepção visual direta, essa estratégia de comparação entre diferentes níveis de representação está diretamente ligada às dificuldades discutidas por Johnstone (1993), que observa que um dos maiores desafios para os alunos é conectar o nível macroscópico, sendo intuitivamente mais acessível, com o nível sub-micro, que exige um esforço cognitivo maior e meios que facilitem essa transição.

A visão microscópica permite que o aluno identifique padrões que seriam invisíveis a olho nu, e a comparação feita pelo estudante A29 indica que ele está tentando integrar essas diferentes visões em um modelo coerente. Essa prática de comparar representações visuais, como descrita por Gilbert et al. (1998), é uma estratégia eficaz para conectar múltiplos níveis de representação e ajuda os alunos a desenvolverem uma compreensão mais completa dos fenômenos químicos.

Se analisarmos as respostas obtidas no grupo focal, podemos confirmar alguns desses posicionamentos adotados pelos estudantes individualmente nas entrevistas. Na pergunta 8, por exemplo, o grupo foi questionado sobre quais argumentos de Química usaram para defender a coerência dos modelos no momento da socialização? A estudante A15 inicia a discussão compartilhando que:

A15G5: “Eu usava o que eu via basicamente, a gente usava muito o microscópio né para poder ver melhor e eu praticamente só usava o que eu via para defender a minha visão sobre o experimento.”

Nesse caso, a estudante A15 comenta que sua defesa dos modelos durante a socialização foi baseada essencialmente no que observou ao usar o microscópio USB, isso demonstra que a visualização direta dos fenômenos de forma sub-microscópica desempenhou um papel central na argumentação e construção de seus modelos.

De acordo com Justi (2000), o processo de modelagem mental envolve não somente a criação de um modelo, mas também a constante avaliação e ajuste do mesmo com base em novas informações. O uso do microscópio USB, nesse contexto forneceu evidências visuais que permitiram à estudante validar sua interpretação e argumentação durante a socialização.

Essa utilização da observação submicroscópica reflete a importância da experimentação direta para a criação de argumentos científicos coerentes, uma prática

que Justi (2006) descreve como essencial para o desenvolvimento de modelos mentais cada vez mais próximos da realidade observada. O estudante A10 acrescenta:

A10G2: “Oxidação e redução.”

A resposta da estudante A10, mesmo sendo bem direta, destaca dois conceitos importantes envolvidos nas atividades de modelagem. Esses conceitos são fundamentais na Química, especialmente nas reações de oxirredução, que envolvem a transferência de elétrons entre espécies químicas.

Johnstone (2006) discute como esses conceitos, embora essencialmente sub-microscópicos, são frequentemente desafiadores para os estudantes, que precisam entender tanto a movimentação das partículas quanto a representação simbólica envolvida.

O uso desses conceitos na defesa dos modelos mentais sugere que os estudantes estão internalizando os princípios teóricos das reações de oxirredução e utilizando-os como base para suas argumentações, evidenciando a utilização de um modelo teórico bem definido.

Conforme discutido por Justi (2000), o uso de conceitos científicos para apoiar modelos mentais reflete uma compreensão mais profunda do fenômeno em estudo e a habilidade dos estudantes de conectar o nível sub-microscópico com o nível macroscópico. O estudante A15 completa sua resposta lembrando que:

A15G5: “Teve também as três mudanças que a gente via E tinha certeza que tinha reação que eram a coloração volume e o cheiro são os três que a gente sabe que teve mudança Química.”

O estudante A15 completa sua resposta destacando as três mudanças observáveis que ajudaram a defender a coerência de seus modelos: “coloração, volume e cheiro”. Essas observações indicam uma articulação entre os níveis macroscópico e submicroscópico, essencial para a compreensão Química conforme discutido por Johnstone (1993).

Nesse caso, o estudante A15 observa os fenômenos macroscopicamente, como as mudanças de cor e volume, mas também reconhece que essas mudanças refletem reações submicroscópicas, como a reorganização das partículas durante uma reação Química.

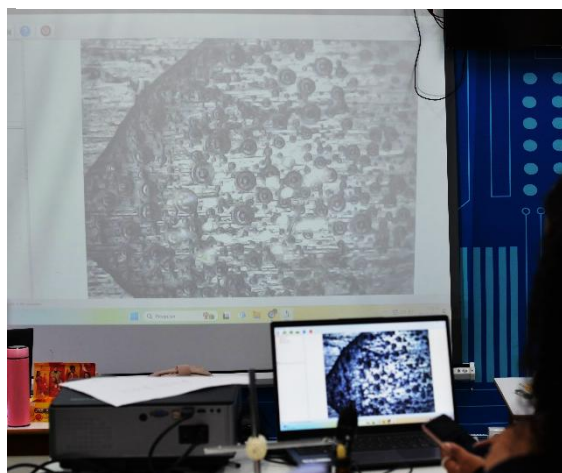
Johnstone (1991) enfatiza que, para os estudantes defenderem coerentemente seus modelos mentais, eles devem ser capazes de conectar as observações macroscópicas às interações e transformações submicroscópicas. O relato de A15 mostra uma compreensão clara de que as mudanças visíveis no experimento são indicativas de reações químicas, e essas observações são cruciais para validar o modelo mental desenvolvido.

Seguindo para a pergunta 11 do grupo focal, os alunos foram questionados novamente sobre o que mais havia chamado a atenção em relação às imagens captadas pelo microscópio USB? E a estudante A22 inicia a discussão compartilhando que:

A22G4: “Quando a gente estava observando os experimentos, por mais que o microscópio não tenha sido assim de extrema resolução como os microscópios maiores, com as imagens mais ampliadas, deu para ver muita coisa que a olho nu a gente não observava. Quando a gente passou aquele reagente, a gente não conseguiu observar que tava tendo uma reação e como o microscópio a gente viu que estavam tendo algumas bolhas na placa, a gente pode ver ele reagindo e eu ainda não tinha visto, por mais que fosse uma coisa bem bobinha mesmo.”

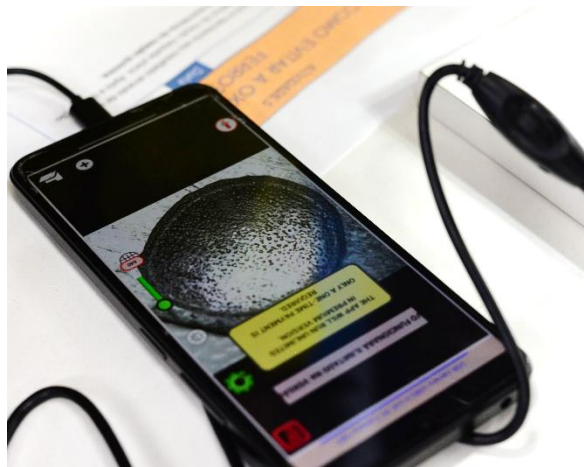
A estudante A22 destaca como o uso do microscópio permitiu a observação de fenômenos que não seriam visíveis a olho nu, como as bolhas em uma reação. Nesse caso, a estudante conseguiu ver as bolhas, um indicativo de reação Química, o que influenciou diretamente sua interpretação do experimento. Essas “bolhas” a que ela se refere estão presentes nas imagens 45 e 46 a seguir, e são referentes à captura de imagem feita pelo microscópio USB na atividade prática do encontro 3.

Figura 46: Projeção da imagem capturada no microscópio USB



Fonte: Autora (2025)

Figura 45: Uso do microscópio USB no celular



Fonte: Autora (2025)

Esse tipo de observação, conforme discutido por Justi e Gilbert (2002), é fundamental para o desenvolvimento de modelos mentais que incorporem tanto os níveis macroscópicos quanto sub-microscópicos dos fenômenos químicos. Ver as bolhas se formando em uma reação permite que o estudante conecte visualmente a dinâmica das partículas e a ocorrência de uma reação Química, algo que seria abstrato sem o uso de instrumentos como o microscópio USB. O estudante A16 continua comentando que:

A16G3: “É a mesma questão também do experimento que a gente fez com a banana e a maçã, deu para ver bastante a oxidação e a olho não a gente não percebia e com o microscópio que tinha uma resolução melhor, dava para ver de verdade, e por conta do tempo que era curto a gente só conseguia ver mesmo a oxidação com microscópio, e foi o que me ajudou bastante a fazer o desenho e fazer a explicação melhor meu modelo.”

O estudante A16 reflete sobre a oxidação observada nos experimentos realizados no encontro 4. Nesse caso, a observação da oxidação ao nível submicroscópico foi essencial para a compreensão do fenômeno e para a elaboração dos modelos mentais dos estudantes.

Johnstone (1991) enfatiza que, para os estudantes compreenderem processos como a oxirredução, eles precisam integrar observações visuais com conceitos subjacentes abstratos, como a transferência de elétrons. O microscópio, então, serve como uma ferramenta de mediação entre esses dois níveis, permitindo que os estudantes visualizem diretamente as transformações Químicas, algo que é crucial para a construção de modelos mentais mais complexos e coerentes. A estudante A11 segue a discussão e comenta que:

A11G2: Em relação também as frutas que a gente viu no microscópio eu achei muito interessante, porque a gente colocou lá e aí não mudou quase nada, mas com o microscópio a gente acabou conseguindo ver melhor a diferença.

A estudante A11 menciona a visualização de mudanças de cor nas frutas, particularmente no encontro 4. Essa observação reforça como o uso do microscópio ajuda os estudantes a perceberem as mudanças de estado e reação Química de forma mais clara, influenciando diretamente a formação de seus modelos mentais. Johnstone (1991, 1993) ressalta que a capacidade de visualizar processos submicroscópicos aumenta a capacidade

dos estudantes de interpretar corretamente os fenômenos químicos, construindo representações mentais mais precisas.

Gilbert e Boulter (2000) destacam que a modelagem científica depende fortemente da capacidade dos estudantes de visualizar e interpretar fenômenos em múltiplos níveis de representação. Ao observar mudanças de cor, os estudantes estão fazendo a transição do nível macroscópico para o submicroscópico e usando essas observações para defender suas interpretações. Dando seguimento, o estudante A29 finaliza a rodada e afirma que:

A29G1: “Bom, quando eu era criança, eu tentei fazer o experimento da pilha do Limão, e usar essa ideia de usar os elétrons para tentar, simplesmente ligar a lâmpada, só que naquela época eu não sabia direito como que funcionava aquela mecânica, e claramente não deu certo, mas hoje a gente teve essa oportunidade de realizar esse experimento do limão e aprendendo com a teoria, como fazer para funcionar de verdade, foi muito nostálgico e agora já quero fazer na feira de ciências”

A resposta do estudante A29 sobre o experimento da pilha de limão mostra como a visualização e experimentação são mais significativas ao entender o fenômeno observado e ajudaram a reconstruir o entendimento de um conceito que, na infância, era difícil de compreender. Essa experiência demonstra como a prática experimental, aliada à visualização submicroscópica, permitiu que ela conectasse os fenômenos observados anteriormente (como a geração de eletricidade com limões) com conceitos mais avançados, como o fluxo de elétrons em uma reação redox.

De acordo com Johnstone (1993), o processo de aprendizagem em Química envolve a constante reorganização do conhecimento. O estudante A29 está ressignificando sua compreensão anterior sobre a reação redox do limão ao fazer novas observações com o microscópio, externalizando mudança em seu modelo conceitual. Nesse sentido, Taber (2002) também discute que o conhecimento químico é frequentemente construído fragmentadamente ao longo do tempo, sendo a experimentação prática e a visualização essenciais para a consolidação de conceitos.

É interessante observar que cada vez mais os estudantes estão fazendo comentários mais completos, com mais detalhes, que não foram inseridos nas folhas de atividades, por exemplo, por isso, o espaço do grupo focal está sendo bastante explorado. A próxima pergunta analisada será a pergunta 12, onde o grupo foi questionado se a

visualização com o microscópio USB ajudou de alguma forma a elaborar os modelos? E o estudante A22 iniciou respondendo:

A22G4: “Sim porque principalmente se tratando da questão Química e como a gente não podia observar certas coisas, por exemplo a coloração da banana mudando a gente também não sabia porque que ela tava mudando. Mas por causa do microscópio a gente pode observar essa mudança que serviu para expressar o modelo e explicar direito que estava acontecendo, foi muito útil e ajudou a fazer os modelos se compreender o assunto.”

O estudante A22 destacou como a visualização microscópica foi crucial para entender melhor a mudança de coloração na banana, essa observação é central para o desenvolvimento dos modelos mentais, pois a microscopia permite que os estudantes percebam a Química em níveis que não são acessíveis a olho nu.

A29G1: O microscópio ele é fascinante, quanto facilitou pra todos nós desenvolver um modelo certo para as nossas aulas e é uma coisa bem curiosa a gente tentar observar, ainda mais para quem não é muito observador e analista em alguns aspectos, mas seria bem melhor se a imagem tivesse uma resolução melhor, por exemplo, para você curtir um vídeo do YouTube, do TikTok você obviamente precisa de uma alta resolução para poder curtir o conteúdo não fica aquela partezinha chata que a gente começa a reclamar, então assim como muitos outros momentos ou situações, quanto mais resolução, melhor vai ser a visualização.

Na fala do estudante A29, o microscópio USB é descrito como “fascinante” e essencial para desenvolver o “modelo certo” durante as aulas. Essa fala sugere que a clareza das observações impacta diretamente na construção dos modelos mentais. De acordo com Justi (2002), a modelagem é um processo dinâmico que envolve não apenas o seguimento de algumas etapas, mas também a reformulação dos modelos.

A metáfora que o estudante A29 utiliza, comparando a visualização científica à qualidade de vídeos em plataformas digitais como YouTube, ilustra a importância da clareza para a compreensão. Assim como uma imagem de baixa resolução dificulta a apreciação de um vídeo, a falta de observação detalhada prejudica a construção de um modelo científico. Isso alinha-se com as ideias de Gilbert e Boulter (2000), que

argumentam que a capacidade de “ver” claramente os fenômenos subjacentes, é essencial para o processo de modelagem científica.

Seguindo para a última questão do grupo focal a ser analisada, os alunos foram questionados se as imagens captadas ajudaram a entender as reações que estavam acontecendo, e apenas dois estudantes responderam:

A15G5: “Sim ajudaram muito, eu acho que foi o motivo pelo qual na maioria das vezes eu fazia um bom modelo. eu via, e tentava reproduzir ao máximo o que eu via.”

A estudante A15 mencionou que as imagens captadas ajudaram diretamente na criação de seus modelos. Esse relato evidencia como a observação direta de detalhes invisíveis a olho nu melhoram a precisão dos modelos mentais e visuais dos estudantes. Científica.

Conforme Gilbert et al. (1998), um dos maiores desafios na modelagem em ciências é a capacidade de traduzir observações visuais em representações simbólicas e gráficas. As imagens microscópicas permitem essa tradução ao fornecer detalhes concretos que auxiliam os estudantes a representar de forma mais precisa os fenômenos químicos que estão tentando modelar. Já o estudante A11 afirmou que:

A11G2: “Sim, me ajudou bastante porque eu tenho querendo ou não uma dificuldade de desenhar só pelo que penso e tal, e aí quando a gente colocava o microscópio no experimento, ele é meio que facilitava bastante porque eu acabava vendo e eu conseguia reproduzir de uma maneira bem melhor”

O estudante A11 revelou que tem dificuldade em desenhar apenas a partir de sua imaginação, mas que a microscopia ajudou a superar esse obstáculo e isso demonstra como a visualização sub-microscópica pode funcionar como um “suporte cognitivo”, facilitando a criação de modelos mentais e gráficos mais detalhados e precisos.

A capacidade de desenhar ou modelar fenômenos abstratos é uma habilidade desafiadora para muitos estudantes. O uso de ferramentas como o microscópio fornece um impulso que transforma uma tarefa cognitiva complexa, como desenhar a partir da imaginação, em algo mais acessível e concreto.

Essa capacidade pode ser um primeiro passo importante para internalizar conceitos fundamentais de oxirredução, conforme sugere Justi (2006), que defende que a visualização e a modelagem são essenciais para o desenvolvimento de uma compreensão profunda sobre o que está sendo modelado.

Nesse sentido, Justi (2006) argumenta que a modelagem científica envolve essa capacidade de transitar entre diferentes níveis de representação, algo que é essencial para a aprendizagem de conteúdos abstratos como oxirredução. Ao utilizar os argumentos observacionais e teóricos (mudança de cor, volume, cheiro, oxidação e redução), os estudantes demonstram uma articulação eficaz entre os níveis representacionais, algo que Johnstone (1991) identifica como fundamental para a compreensão profunda sobre a Química.

5.4 ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM

Nesta seção, serão abordadas três macro categorias de análise relacionadas às atividades de modelagem envolvidas em toda a pesquisa. Essas categorias também emergiram a partir da unitarização do “*corpus*”, resultando em múltiplas unidades de significado com amplitudes variadas.

A partir da análise desse conjunto de categorias (5.4.1 Compreensão do processo do “fazer Ciência”, 5.4.2 Desenvolvimento de habilidades científicas, e 5.4.3 Representação dos modelos X coerência) será possível avaliar a influência dos aspectos experimentais nos MM em relação ao processo de ensino e aprendizagem, ultimo objetivo específico desta pesquisa.

5.4.1 Compreensão do processo do “fazer Ciência”

No ensino médio, quando os estudantes começam a ter acesso à Química, muitas preocupações começam a surgir, dentre elas, por exemplo, a necessidade de decorar a tabela periódica, balancear equações, fazer a lista de exercício, com isso, sobra pouco espaço para discussões mais profundas sobre como a Ciência é construída, como os cientistas fazem descobertas, e as características epistemológicas que definem o conhecimento científico.

A natureza da ciência envolve entender como o conhecimento científico é provisório, baseado em evidências, e sujeito a revisões à medida que novos dados e teorias

surgem. Essa dimensão é raramente incorporada de maneira explícita nas aulas de Química, onde a ciência muitas vezes é apresentada como um conjunto de verdades imutáveis. Isso pode levar os alunos a verem o conhecimento científico como dogmático e não como um processo dinâmico de investigação e revisão (Mendonça, 2020).

Em busca de incorporar essa compreensão ao ensino de Química, Justi (2006, 2015) afirmam que as atividades de modelagem se mostram como uma pertinente estratégia, em que podem ser desenvolvidos não somente os conhecimentos referentes aos conteúdos específicos, mas também promovem o conhecimento a respeito dos processos de construção da própria Ciência.

De fato, o ensino fundamentado em modelagem possui características que se aproximam de vários métodos relacionados ao processo científico, e isso é possível a partir do estudo dos modelos. Eles estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência (Nersessian, 1999).

Como já foi discutido anteriormente, quando mencionamos as respostas dos alunos no formulário de conhecimentos prévios (antes e terem contato com o ensino fundamentado em modelagem) sobre como achavam que um modelo na Ciência era construído, uma parte significativa da turma apresentou respostas que demonstravam possuir noções distorcidas da NdC.

A partir dessas respostas, surgiu a necessidade de no encontro 1, fazer uma introdução sobre os modelos na ciência, visando desconstruir algumas visões inadequadas observadas no formulário de conhecimentos prévios, e a partir dessas reflexões, possibilitar um conhecimento mais amplo sobre a natureza da ciência, sobre como o conhecimento científico é elaborado e modificado. (Melo e Silva, 2019)

Ao final desse momento introdutório, os estudantes foram questionados novamente sobre como os modelos eram construídos (folha de atividades 1, questão 2), e já apresentaram respostas diferentes do formulário de conhecimentos prévios, como por exemplo:

A17G1 “Com vários estudos e experimentos.”

A03G3 “Coletas e análises, estudo e formulação de hipóteses.”

A06G4 “Surge uma dúvida, depois a pesquisa e por último o resultado.”

A09G5 “Estudando, descobrindo e organizando ideias.”

A14G6 “Observando, estudando e tirando dúvidas.”

Com exceção do grupo 2, todos os outros grupos apresentaram respostas significativas, apesar de ainda não estarem completamente adequadas, a mudança de posicionamento dos estudantes chama a atenção e reforça a necessidade de continuação desse tipo de atividade que promove a reflexão sobre o processo científico.

Em relação ao grupo 2, todos os estudantes responderam da seguinte forma:

G2: “É uma imagem mental simplificada e idealizada onde as principais características de algum sistema são organizadas de acordo com sua relevância.”

Essa é uma resposta que indica claramente que ela não foi formulada pelos alunos, além de ter sido copiada por todos os integrantes do grupo, evidenciando a necessidade de prosseguir com atividades que promovam o desenvolvimento do estudante para que ele tenha autonomia e se sinta capaz de pensar por si próprio.

Ao final dos encontros, na entrevista (pergunta 1), essa mesma pergunta foi inserida e os estudantes responderam da seguinte forma:

A29G1 “Tudo foi baseado em uma atividade prática que através das informações foi feito a estrutura do átomo, um bom exemplo é o modelo de *Rutherford*, ele literalmente usou os raios alfa para poder ir contra a folha de papel de ouro, então o último modelo antes do modelo de *Rutherford* estava incoerente, então ele acabou corrigindo esse modelo antigo, então o modelo passa por uma provação oficial, mas anos mais tarde ele ainda pode ser corrigido.”

Nesse caso, o estudante A29 já possui uma concepção coerente sobre o processo de construção da ciência, ele cita um modelo famoso no contexto da Química para mencionar que mesmo os modelos que já foram testados e aceitos pela comunidade científica podem sofrer modificações ou até mesmo substituídos por modelos mais abrangentes, que exemplifica o caráter provisório do conhecimento científico, diferente do estudante A15:

A15G5 “Eu acho que é baseado em observação, igual foi o modelo de Bohr que ele observou e fez um modelo.”

O participante A15 é mais breve em sua resposta, cita mais um modelo famoso no ensino de Química e cita somente um dos processos da modelagem, a observação, indicando que ainda não possui uma compreensão mais abrangente sobre o processo de construção científica, atribuindo apenas a observação para construir um modelo. O próximo participante consegue dar mais detalhes sobre esse processo:

A22G4 “Eu acho que a primeira etapa é definir o que você vai pesquisar, o que você vai modelar e segunda etapa seria desenvolver e explorar por exemplo os modelos que a gente fez a gente teve que testar antes, anotar sobre, e fazer várias vezes para confirmar se o modelo tá certo.”

Esse outro participante dá ênfase nas etapas do processo científico, mas sem atribuir nenhum tipo de rigidez quanto a sequência desse método, isso prova que esse estudante conhece as fases da pesquisa, e consegue relacionar com as próprias ações durante a atividade de modelagem, se inserindo no contexto do “fazer ciência”.

Essas etapas mencionadas pelo estudante A22, são referentes as etapas do ensino fundamentado em modelagem, apresentadas a turma no encontro 1 e seguidas de forma dinâmica durante todos os outros encontros, essa não linearidade abre espaço para o erro como algo positivo, caso sejam identificados na etapa de teste, seguido de modificação até atingir um modelo coerente conforme o objetivo da modelagem.

Nesse sentido, Ferreira e Justi (2008) esclarecem que, quando lidamos com o universo dos modelos, muitas vezes é impossível apreendermos diretamente a “verdade”, que nem sempre podemos afirmar que algo “é assim” e que aquilo é apenas mais um modelo para determinado fenômeno faz parte do “saber ciência”.

A18G3 “Obviamente com a isolação do que a gente vai estudar e muitos meses ou até anos de teste. A professora ano passado, ela falava muito sobre a questão dos cientistas demorando muito tempo para descobrir alguma coisa, mas essas coisas valorizavam muito, tipo o diagrama de Linus Pauling, ele demorou um tempão para moldar o que a gente hoje em dia.”

Assim como o estudante A22G4, o A18G3 também inicia sua resposta referece a metodologia utilizada nos encontros, onde a construção do modelo requer experiência com o alvo, assim, o modelo mental pode ser elaborado com base nas concepções prévias, a partir da modificação de modelos anteriores, e principalmente através da integração entre as novas informações obtidas pelo sistema (Maia, 2009, p.26).

A11G2: “Meu Deus, modelo na ciência? Eu acho que primeiro precisam de muitos estudos, mas eu não sei como é realmente elaborado, tipo tudo detalhado. Mas eu acho que precisa de muita pesquisa científica, e aí vai sendo elaborado mais ou menos o modelo.”

Essa participante responde de forma mais genérica, mas sem perder a coerência, ela não consegue descrever nenhuma etapa específica, mas indica que a construção de um modelo requer um certo rigor em relação ao tempo de estudos e pesquisa, e essas reflexões são importantes para compreendermos a noção dos alunos sobre o processo científico.

Além disso, a atividade de modelagem em si envolve a construção e emprego de modelos fundamentais no processo da pesquisa científica, fazendo parte do processo natural de aquisição do conhecimento pelo ser humano (Ferreira e Justi, 2008).

Seguindo nessas mesmas reflexões, no início do grupo focal, os estudantes foram questionados sobre: No formulário de conhecimentos prévios foi perguntado como vocês achavam que era o processo de modelagem, como eram construídos os modelos na Ciência. Após os encontros, a opinião de vocês mudou, permanece a mesma? E para esse questionamento, apenas 3 participantes do grupo responderam:

A15G4: “Eu falei a mesma coisa, que a gente tinha que fazer primeiro as atividades experimentais sobre os modelos e foi isso.”

A22G4: “Eu acho que continua a mesma ideia porque no início eu coloquei que a gente fazia primeiro as experiências antes de ter uma resposta concreta sobre, e eu acho que com as experiências que a gente fez aqui deu para entender direito como que funciona a formação de um modelo. Porque a gente primeiro faz as experiências, anota as mudanças, socializa as coisas e discute as opiniões.”

A primeira a responder (A15) é bem breve e fala que continua com a mesma opinião comparado ao início das atividades, e ressalta a importância da atividade experimentais para construção do modelo, a segunda (A22) também permanece com a mesma ideia do início, onde achava que a construção do modelo iniciava com às experiências.

Mas ela (A22) segue afirmando que as experiências proporcionadas durante os encontros foram essenciais para entender o processo, e finaliza descrevendo uma sequência para essa construção: experiências, anotações, alterações, socialização e discussão de opiniões, que foram basicamente as etapas seguidas durante os encontros,

então essa participante consegue associar as atividades que ela realizou na escola, com o processo científico realizado por cientistas.

A29G1: “Sobre os modelos, eu mudei minha opinião sim, já que, na minha cabeça o modelo ele partia de um conceito mais simples, só que a construção de um modelo até onde eu pude perceber precisa de uma complexidade bem maior pra ser construído, ou até mesmo pegar a ideia e concretizar esse conceito em apenas em apenas um único elemento.”

O último estudante a responder (A29) afirma que mudou de opinião em relação ao início das atividades, ele comenta que antes de ter acesso a essa forma de aprender Química, imaginava que essa construção dos modelos ocorria de forma mais simples, mas que agora, após ter participado das atividades, percebe esse processo como algo mais complexo, principalmente quando se trata de sintetizar um modelo mental em forma de um modelo concreto.

Nesse sentido, as atividades de ensino baseado em modelagem (processo de elaborar, interpretar, expressar, testar e utilizar modelos) são vistas como um contexto adequado para se discutir a NdC (Allchin, Andersen e Nielsen, 2014; Duschl e Grandy, 2013).

Essas mudanças de postura apresentadas pela maioria da turma é uma evidência da influência das atividades fundamentadas em modelagem na forma como os estudantes compreendem o processo de construção da ciência, e começam a se ver como parte desse processo no momento em que reproduzem essas etapas durante a modelagem.

Tendo consciência de que a compreensão do processo do “fazer ciência” está diretamente inserida no contexto da modelagem, agora cabe analisarmos como essas experiências influenciaram no desenvolvimento de habilidades científicas nos estudantes.

5.4.2 Desenvolvimento de habilidades científicas

O ensino baseado na modelagem promove a aprendizagem participativa, para que os alunos trabalhem na construção de significados, conceitos e representações (Barab et al., 2000), além de favorecer desenvolvimento de um conhecimento mais amplo sobre os processos da ciência, esse ensino contribui, ainda, para o desenvolvimento de uma série de competências associadas ao processo de investigação científica (Schwarz e Branco, 2005).

Além disso, o estabelecimento de relações entre as informações para a construção de um modelo possibilitam que os estudantes decidam a respeito da qualidade dessas informações, uma vez que esse processo abre espaço para os estudantes criarem argumentos científicos, tomem posição e justifiquem seus argumentos por meio de evidências (Justi *et al.*, 2009).

Sobre essas habilidades, na pergunta 19 da entrevista, os alunos responderam quais habilidades haviam sido desenvolvidas durante as atividades de modelagem, e responderam da seguinte forma:

A29G1 “O trabalho em grupo melhorou, mas justamente porque para ter certeza se aquele assunto que eu tô estudando tá correto na minha cabeça, eu precisei perguntar dos outros que eles entenderam, para aí sim conseguiu compreender mais o assunto.”

A22G4 “A percepção, o trabalho em equipe, e o foco porque eu consegui retratar melhor que eu observava.”

Esses dois estudantes reconhecem o desenvolvimento das habilidades de trabalho em grupo, dando ênfase a necessidade de ouvir a opinião dos colegas para ter uma visão mais ampla sobre o assunto, isso porque as atividades de modelagem possibilitam o desenvolvimento cognitivo dos alunos, por permitirem que eles possam elaborar suas explicações para a compreensão dos fenômenos, estabelecendo relações entre grupos.

A11G2 “A forma de me expressar e explicar as coisas, descrevendo no papel e expressando os modelos também.”

Esse outro estudante (A11) responde brevemente, mas comenta sobre o desenvolvimento da habilidade de se expressar e explicar os fenômenos observados em sala e aula, isso porque o ensino fundamentado em modelagem além de trabalhar a expressão de um modelo mental, também trabalha os modelos conceituais essenciais para desenvolver modelos coerentes, além de que, quanto mais o aluno aprende algo, mais confiança ele via ter para se expressar sobre o assunto.

A15G5 “Eu acho que foi a minha percepção, porque Química é uma coisa complicada, que a gente tem que olhar todos os ângulos com uma tensão maior, e eu acho que o que melhorou para mim foi a percepção, e os meus modelos que eu tive que detalhar ainda mais eles, então tipo assim eu comecei a criar habilidade, e usar conhecimento de outra matéria que era a arte nos meus próprios modelos para poder ficar em melhor.”

Em sua resposta, o estudante A15 menciona duas habilidades: a habilidade em expressar os modelos criativamente, usando técnicas aprendidas na disciplina de artes, e a habilidade de “percepção” onde sua descrição leva a entender que está se referindo a dificuldade anterior em compreender as abstrações da Química, que agora ele percebe melhor o fenômeno científico, observando-o por vários ângulos.

E isso acontece porque a atividade de elaboração de modelos requer que os estudantes: “(i) classifiquem e construam explicações dos fenômenos científicos, em vez de somente memorizar fatos e definições; (ii) definir e revisar problemas ao longo do tempo; (iii) procurar fontes de informação e dados” (Justi, 2009, p. 32).

Na busca por aprofundar essa investigação, na questão seguinte (20) da entrevista os estudantes foram questionados se se sentiam mais confortáveis para falar sobre Química durante e depois das atividades de modelagem, esperando que mencionassem de indiretamente o desenvolvimento de outras habilidades, e responderam da seguinte forma:

A22G4: “Sim, acho que no primeiro encontro eu não tive tanta confiança justamente por ser o primeiro modelo que eu estava fazendo, e não ter muito conhecimento, mas depois de perceber que todo mundo estava ali para aprender, e que a gente conseguia compartilhar ideias, foi bem mais fácil de socializar, porque eu já tinha entendido o conteúdo.”

A21G6: “Sim porque agora eu sei o porquê ocorre a corrosão.”

A15G5: “Sim agora eu acho que eu tenho um conhecimento a mais, acho que era esse conhecimento, para eu ter uma clareza melhor sobre a Química.”

Como esperado, nessa pergunta os estudantes (A21, A22 e A15) trouxeram outros aspectos não mencionados na questão anterior, sobre a importância de entender o fenômeno para conseguir expressar um modelo coerente, o que evidencia que a modelagem proporciona aos alunos a oportunidade de pensar sobre os problemas, e buscar meios de resolvê-los, através da elaboração de modelos, auxiliando na conceituação de fenômenos químicos (Suart e Marcondes, 2011).

Em outra perspectiva, o estudante A11 respondeu:

A11G2: “Sim porque querendo ou não a senhora falou que a gente poderia vir aqui na frente e falar por exemplo alguma coisa errada entre aspas e a senhora poderia ajudar a gente porque querendo ou não, algumas vezes a gente fica

mais retraída não só em Química, mas de outras disciplinas também porque a gente tem medo de errar e tal, e eu acho que aqui a gente meio que conseguiu falar mesmo sabendo que poderia estar errado.”

Em sua resposta, a estudante A11 descreve uma das etapas no EFM, sendo o teste do modelo, onde um representante de cada grupo se dirigia ao centro da sala para expor o seu modelo, explicar suas características e por fim, passar pela validação da turma para poder ser caracterizado como um modelo coerente.

Nos dois primeiros encontros, nenhum aluno queria apresentar o modelo, estavam todos com receio de errar ou dos colegas rirem de um modelo não tão bonito, porque muitos julgavam não saber desenhar e nem pintar. Por isso, foi necessário manter um diálogo em todos os encontros para deixar claro que o erro faz parte do processo e que na modelagem existe espaço para a reformulação.

Deste modo, é imprescindível que os estudantes compreendam que os modelos são construções provisórias e que podem ser aperfeiçoados. A Ciência não é algo acabado, mas construída com base na constante evolução científica, e modelos teóricos elaborados esbarram em limitações ao explicar o que é observado macroscopicamente, exigindo a criação de novos modelos e leis (Melo e Neto, 2013).

Seguindo para a pergunta 22 da entrevista, os alunos foram questionados de forma mais geral: Qual a principal contribuição desses encontros para a sua vida escolar?

A11G2: “Para mim foi poder estudar mais um conteúdo, e também vai servir para melhorar o meu entendimento nas provas do Enem, do PSC (Processo seletivo contínuo da Universidade Federal do Amazonas), do SIS (Sistema de Ingresso Seriado da Universidade do Estado do Amazonas), essas provas de vestibular em algum momento esses assuntos podem acabar aparecendo, até na redação eu poderia usar essas informações.”

A21G6: “Como eu disse né, eu acho que eu adquirir mais conhecimento sobre coisas que estão no meu dia a dia, e também acho que foi interessante saber o porquê de aquilo acontecer, tipo estar a par do porque aquilo acontece.”

Nessas duas respostas acima, os estudantes demonstram certo interesse pelo conhecimento adquirido, o A11 menciona que esses conteúdos aprofundados podem estar presentes nos vestibulares, e que ele pode usar essas informações até mesmo na redação, a qual é um texto onde os argumentos são valorizados, demonstrando o desenvolvimento da habilidade argumentativa, com base na compreensão o conteúdo.

A resposta seguinte (A21) já relaciona a contribuição dos encontros e o conhecimento com o aumento do interesse em saber o porquê da ocorrência de um fenômeno qualquer que acontece de dia a dia, e usar a Química para compreender esses fenômenos em diferentes contextos.

Isso porque, o processo de modelagem possibilita que os estudantes desenvolvam um conhecimento flexível e crítico a respeito dos conceitos científicos, o conhecimento sobre a própria modelagem (meta-modelagem) e uma diversidade de habilidades que podem ser utilizadas em diferentes contextos (Gilbert e Justi, 2016).

A22G4: “Como eu já falei, trabalhei em equipe, eu também acho que vou conseguir desenvolver modelos de outras coisas com muito mais facilidade, a minha percepção melhorou muito, e eu com certeza conquistei mais interesse pela Química.”

A18G3: “É, eu não sabia o que era o que essa redução eu aprendi agora, e eu nunca fiz experimentos assim, então eu acho que contribuiu muito para quando eu tiver que pensar numa questão mais física assim sem ter que só imaginar.”

Na resposta acima (A22), o estudante cita quatro habilidades desenvolvidas: trabalho em equipe, meta-modelagem, percepção e interesse pela Química. Já na resposta do estudante A18, ele cita que aprendeu o que é “redução”, se referindo às reações de oxirredução, onde temos que identificar o elemento que reduz e o elemento que oxida.

A15G5: “Creio eu que foi explicar mais sobre Química, porque pelo nosso tempo de aula ser curto, tem algumas perguntas que ficam meio em aberto, eu acho que isso serviu para explicar algumas coisas e fechar essas pontas que ficaram em aberto na minha mente.”

O estudante A15 aborda outro aspecto e afirma que, com as aulas tradicionais, sempre ficam algumas dúvidas sobre o conteúdo, e essas atividades serviram para complementar um conhecimento que ele já havia adquirido, mas que ainda não estava completo.

A11G2: “As contribuições foram em relação aos modelos e também as apresentações⁵, acho que as apresentações foram o que mais me ajudaram porque eu podia me expressar na frente da sala toda sem medo de errar.”

O estudante A11 retoma a importância da etapa de teste dos modelos, como uma oportunidade para se expressarem sem julgamentos, onde a opinião de cada grupo era

⁵ Os alunos se referem à etapa de teste dos modelos como “apresentação”.

respeitada e considerada para a adequação dos modelos propostos, isso porque os alunos já haviam entendido a importância de considerar outras visões para a expressão dos modelos.

Essas reflexões são importantes para compreendermos o impacto do desenvolvimento dessas habilidades científicas durante as atividades de modelagem, e como isso pode influenciar no processo de ensino e aprendizagem, não só de Química, mas nas outras disciplinas de modo geral, porque essas habilidades desenvolvidas não são restritas a Química, elas impactam diretamente do comportamento do estudante, além de influenciarem na forma como os modelos serão expressos. Por isso, na seção seguinte serão analisadas a coerência dos modelos expressos pelos estudantes durante os 5 primeiros encontros.

5.4.3 Representação dos modelos X coerência

A expressão de um modelo coerente está associada a vários fatores. Segundo Justi (2006), para ocorrer a elaboração de um modelo mental, o estudante deve obter informações sobre a entidade a ser modelada (na estrutura cognitiva prévia ou a partir de fontes externas: bibliografia, atividades empíricas, etc.)

Para um estudante expressar um modelo mental adequado, é essencial que ele consiga transitar os níveis representacionais. A integração desses níveis facilita a compreensão dos fenômenos observados, como mudanças de cor ou formação de precipitados, com o comportamento das partículas invisíveis, como átomos e moléculas, e a sua representação por meio de símbolos e equações.

A observação cuidadosa e detalhada do fenômeno modelado enriquece as representações, permitindo que os estudantes capturem detalhes que seriam invisíveis a olho nu, resultando em modelos mais completos e cientificamente adequados.

E para analisar a coerência dos modelos expressos pelos estudantes, foi necessário criar uma escala de avaliação (apêndice 20) contendo cinco critérios de análise: A. Representação Visual (Riqueza de Detalhes); B. Precisão Científica (Coerência com o conceito); C. Integração entre Níveis Representacionais; D. Clareza na Expressão (Habilidade de Comunicar o Modelo), e E. Criatividade e Uso de Analogias ou Metáforas.

Para a análise dos modelos expressos pelos estudantes, consideramos a estrutura de modelagem científica proposta por Justi e Gilbert (2002), aliada aos níveis representacionais de Johnstone (1991). Além disso, a coerência dos modelos foi avaliada com base nos critérios estabelecidos por Gilbert (2004, 2006), que destacam a importância da adequação representacional e consistência interna, e essa foi a base para criar essa escala de avaliação (figura

Quadro 4: Critérios de avaliação dos Modelos Mentais expressos

CRITÉRIOS	1 Inadequado	2 Parcialmente inadequado	3 Parcialmente adequado	4 Adequado
A. Representação Visual (Riqueza de Detalhes)	Faltam muitos detalhes visuais importantes.	Detalhes limitados, falhas pontuais	Boa quantidade de detalhes, mas com algumas omissões	Riqueza de detalhes visuais claros e completos.
B. Precisão Científica (Coerência com o objetivo da atividade)	Impreciso, com erros conceituais significativos.	Erros significativos que resultaram em confusão	Maioritariamente preciso com pequenas incoerências	Cientificamente preciso e coerente com o objetivo.
C. Integração entre Níveis Representacionais	Sem conexão clara entre os níveis representacionais.	Tentativa de conexão, mas inconsistências	Boa integração entre os níveis, pequenas lacunas	Integração clara e coerente entre os níveis representacionais.
D. Clareza na Expressão (Habilidade de Comunicar o Modelo)	Dificuldade de compreensão, pouco claro.	Confuso, difícil de entender	Relativamente claro, com ambiguidades menores	Clareza total, fácil de interpretar.
E. Criatividade e Uso de Analogias ou Metáforas	Sem uso ou aplicação inadequada de analogias/metáforas.	Analogias/metáforas confusas, pouco úteis	Algumas analogias criativas e úteis.	Uso criativo e eficaz de analogias/metáforas

Fonte: Autora (2025)

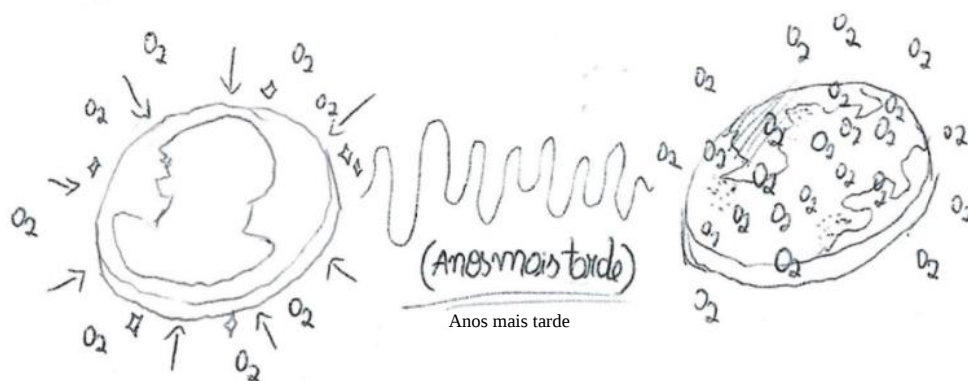
Esses critérios por sua vez, são avaliados com notas 1, que indica um modelo incoerente, sendo necessário a expressão de um novo modelo; 2 que indica modelo parcialmente incoerente, sendo necessário a inclusão de vários detalhes ou informações adicionais; 3 que corresponde a parcialmente coerente, onde são necessários somente alguns ajustes para coerência completa do modelo, e 4 que indica um modelo coerente,

sem necessidade de reformulação. Essas informações estão disponíveis de forma mais detalhada no apêndice 20.

Encontro 1

Serão analisados 1 modelo de cada grupo, conforme seleção feita pelos próprios estudantes na etapa de teste dos modelos, quando eram responsáveis por escolher o modelo mais coerente dentre todos os modelos expressos no seu grupo e apresentar para o restante da turma. No encontro, tivemos 6 modelos (G1; G2; G3; G4; G4; G6) selecionados, e avaliados no seguir:

Figura 47: Modelo selecionado pelo G1 no E1



Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 47 acima, é possível observar o modelo selecionado pelo grupo 1 como o modelo mais coerente. Essa representação é composta por duas moedas de metal, a primeira sendo uma moeda nova sendo exposta ao oxigênio, e a segunda, já oxidada, após alguns anos de reação.

Esse modelo é um exemplo interessante da capacidade dos estudantes de acessar o nível submicroscópico e relacioná-lo ao seu cotidiano, algo essencial para a compreensão de características químicas, como a corrosão, sendo uma excelente oportunidade para explorar conceitos de oxirredução (Justi, 2006). A abordagem visual do estudante, ao incluir a oxidação progressiva da moeda, reflete o entendimento de que o processo é contínuo e depende de fatores ambientais, como a presença de oxigênio.

Conforme os critérios estabelecidos no quadro 4, esse é um modelo adequado (4), por possuir riqueza de detalhes, está cientificamente preciso e coerente com o objetivo da atividade, possui integração clara entre os três níveis representacionais, possui clareza e

fácil interpretação, e também faz uso criativo de analogias ao usar a moeda como exemplo, no entanto, o modelo poderia ter sido colorido, para evidenciar a diferença da reação inicial e final, mas que não compromete a coerência do modelo.

Figura 48: Modelo selecionado pelo G2 no E1



Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 48 acima, está representado o modelo selecionado como o mais coerente pelo grupo 2. Nesse modelo, o estudante representa por meio de um desenho colorido, três pregos com diferentes graus de oxidação. Nesse caso, o estudante usa uma cor diferente de lápis para representar a ferrugem visível no prego.

Com base nas teorias de Johnstone (1991) e Justi (2006), o modelo do G2 demonstra uma representação visual clara e criativa da oxidação no nível macroscópico, com o uso de cores para diferenciar os graus de ferrugem nos pregos. No entanto, ele carece de integração com os níveis submicroscópico (como a transferência de elétrons no processo de oxidação) e representacional (equações químicas), comprometendo o rigor científico e a compreensão completa do fenômeno.

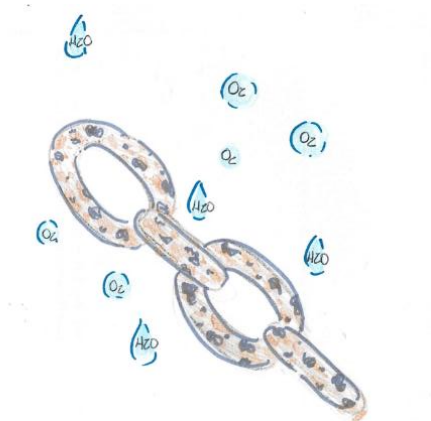
De acordo com Johnstone (1991), a aprendizagem Química exige a integração desses três níveis, e Justi (2006) argumenta que um modelo mental eficaz deve refletir essa multidimensionalidade. Levando isso em consideração, e usando o apêndice 20 como base para avaliar o modelo, este se enquadra como parcialmente inadequado (2).

Embora o modelo seja parcialmente adequado em termos de clareza e criatividade, ele não alcança uma representação completa do processo de oxidação. A ausência de detalhes sobre os processos subjacentes, como a formação de óxidos de ferro, e a falta de analogias ou metáforas que expliquem o fenômeno em níveis invisíveis limitam sua

eficácia. Assim, o modelo do grupo 2 se concentra em uma representação parcial do fenômeno, oferecendo uma visão superficial da oxirredução.

O modelo escolhido pelo grupo 3 (figura 49) é uma espécie de ampliação de uma corrente de metal, nesse recorte o estudante representa três “argolas” dessa corrente, nessa superfície o estudante adiciona manchas laranja e cinza-escuro, indicando a ferrugem presente na parte externa dessa corrente. Ao redor, o estudante representa a água e o oxigênio por meio de gotas e bolhas, que foram responsáveis por fazer a reação acontecer.

Figura 49: Modelo selecionado pelo G3 no E1

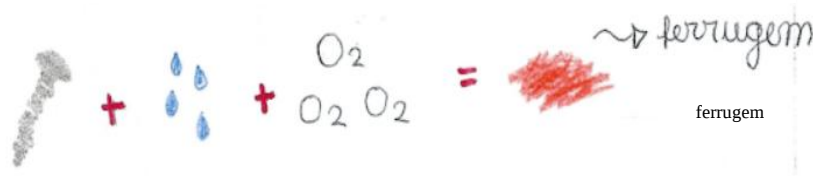


Fonte: Dados da pesquisa

O modelo do grupo 3, ao contrário de outros exemplos, demonstra uma integração mais completa entre os níveis representacionais, caracterizando-se como um modelo adequado (4). A inclusão de bolhas de oxigênio e gotas de água como responsáveis pela reação de oxidação indica que o estudante está fazendo uma conexão entre o nível macroscópico (a ferrugem visível nas argolas da corrente) e o submicroscópico (a presença do oxigênio e da água, agentes na oxirredução). Essa representação mostra uma compreensão mais aprofundada dos processos químicos que ocorrem, integrando de eficazmente nos níveis macroscópicos e submicroscópico.

No entanto, ainda faltam elementos do nível representacional, como a representação de equações Químicas que detalhariam as reações entre o ferro, a água e o oxigênio. De acordo com Johnstone (1991), a integração de todos os três níveis é essencial para uma compreensão científica completa. Mesmo assim, o modelo mental apresentado pelo estudante A03 é mais avançado, pois, conforme Justi (2006), ele demonstra uma tentativa de articular o fenômeno observável com as interações invisíveis que o causam.

Figura 50: Modelo selecionado pelo G4 no E1



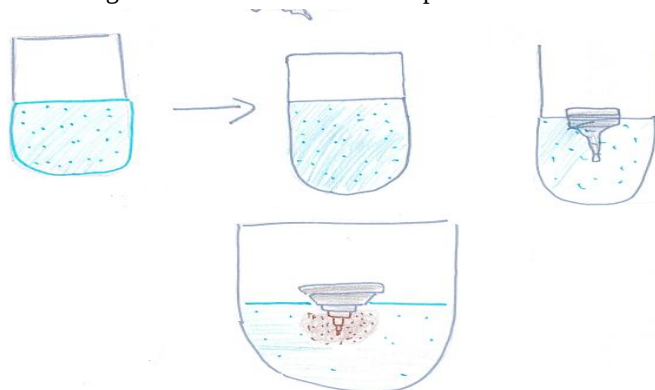
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo escolhido pelo grupo 4 (figura 50) foi representado em forma de uma equação Química, onde os reagentes são um prego, a água em formato de gotas, e o oxigênio representado pelo O_2 , e o produto da reação é uma mancha laranja, com uma seta indicando a formação da ferrugem.

O modelo do G4, ao representar a reação em forma de uma equação Química e ao desenhar um prego como reagente, demonstra uma integração clara entre os níveis representacional e macroscópico. A inclusão do prego, assim como a mancha laranja que representa a ferrugem, permite uma visualização do fenômeno observável (oxidação) que facilita a compreensão da reação Química.

O modelo escolhido pelo grupo é eficaz na comunicação da reação Química em todos os níveis, mas poderia ser aprimorado ao incluir mais detalhes sobre os processos submicroscópico e utilizar analogias ou metáforas que ajudem a explicar melhor a dinâmica da oxidação, por isso ele se adequa como parcialmente adequado (3).

Figura 51: Modelo selecionado pelo G5 no E1



Fonte: Dados da pesquisa

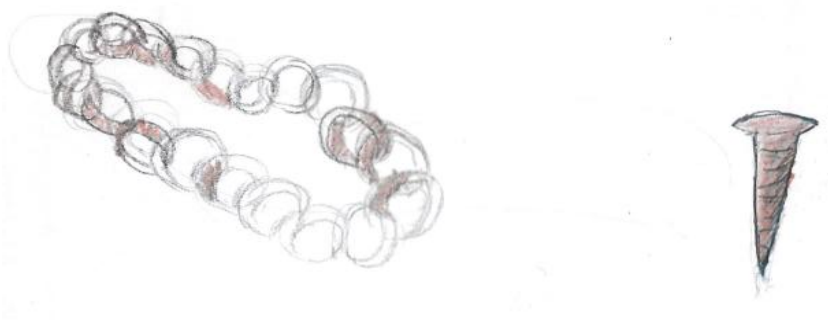
O modelo selecionado pelo grupo 5 representa o processo de oxidação em quatro etapas, demonstra uma tentativa de visualizar o fenômeno em uma sequência temporal. O líquido azul e o prego são usados para ilustrar a interação entre o metal e o ambiente,

resultando na mudança de cor do prego, que sugere a oxidação. No entanto, essa representação está focada no nível macroscópico, ilustrando o que acontece com o prego de forma visível, sem incluir detalhes mais profundos do processo químico.

Embora o modelo mostre uma sequência clara de eventos, ele necessita de uma explicação dos processos submicroscópicos, como a transferência de elétrons entre o ferro do prego e os componentes do líquido que causam a oxidação. Além disso, o nível representacional está ausente, já que não há representação de equações químicas ou símbolos que expliquem cientificamente o processo, por isso, se caracteriza como um modelo parcialmente inadequado (2).

O modelo do grupo 5 é claro e criativo ao representar a oxidação em etapas visuais, mas a ausência de integração entre os níveis submicroscópico e simbólico limita sua precisão científica e profundidade explicativa. Com mais detalhes sobre os processos atômicos e moleculares e o uso de analogias, o modelo seria mais eficaz para comunicar o fenômeno químico. Já o grupo 06:

Figura 52: Modelo selecionado pelo G6 no E1



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo do grupo 6 (figura 51) apresenta uma representação visual clara no nível macroscópico, com a corrente de prata e as argolas escurecidas indicando a oxidação. Além disso, o prego pintado de cinza e laranja complementa a visão do estudante sobre o fenômeno de oxirredução. No entanto, o modelo se limita a representar os efeitos visíveis da reação, sem integrar elementos submicroscópicos ou simbólicos, como a transferência de elétrons ou a equação Química que descreve o processo de oxirredução.

A ausência de uma representação submicroscópica ou simbólica reduz a profundidade do modelo, o que vai de encontro à importância de articular diferentes

níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) para uma compreensão completa do fenômeno químico, como destacado por Johnstone (1991).

Embora o estudante tenha conseguido mostrar o resultado visual da reação, a falta de uma explicação molecular ou simbólica deixa o modelo incompleto, pois não comunica adequadamente os processos que causam a oxidação. Dessa forma, podemos concluir que o modelo seria mais completo se o estudante tivesse incluído elementos que explicassem os processos invisíveis da reação, como a transferência de elétrons, ou se tivesse utilizado analogias que facilitassem a compreensão do fenômeno, portanto, caracteriza-se como parcialmente inadequado (2).

Encontro 2

Os modelos selecionados no encontro 2 (E2) foram expressos na folha de atividades 2, onde foi solicitado que os alunos fizessem representações que mostrassem a ocorrência da reação que haviam acabado de observar no experimento da pilha de limão. Após a expressão, na etapa de teste, os modelos selecionados como os mais coerentes.

Figura 53: Modelo selecionado pelo G1 no E2

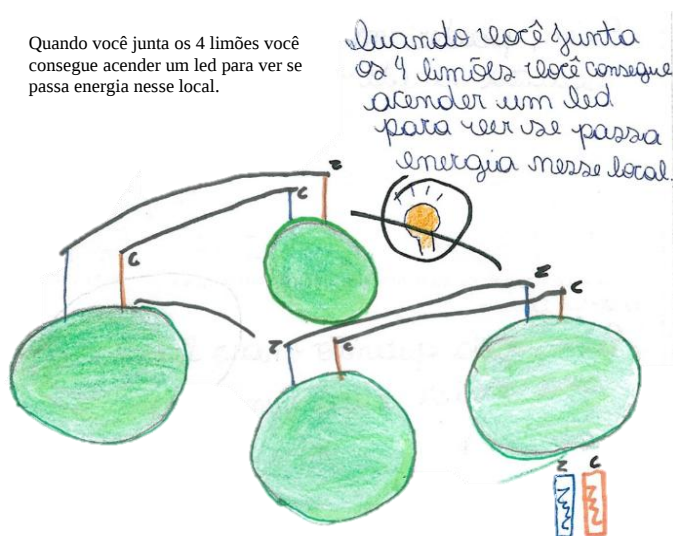


Fonte: Dados da pesquisa

O modelo selecionado pelo G1 no segundo encontro traz uma representação visual bem detalhada do experimento da pilha de limão. A inclusão de elementos como o clipe de metal, a moeda, os eletrodos e a lâmpada de LED, além da indicação do fluxo de energia com traços amarelos, torna a visualização clara e compreensível.

A preocupação do estudante em representar as cargas positivas e negativas no limão também demonstra uma tentativa de integrar o nível submicroscópico, algo que não havia sido tão explorado anteriormente. No entanto, o nível simbólico poderia ter sido mais explorado, aumentando a profundidade científica da explicação. Em termos de clareza e criatividade, o modelo é eficaz, já que a representação visual e a passagem de energia estão bem destacadas, além de ser cientificamente correto, o que o caracteriza como um modelo adequado (4). O grupo 2 por sua vez, escolheu o seguinte modelo:

Figura 54: Modelo selecionado pelo G2 no E2



Fonte: Dados da pesquisa

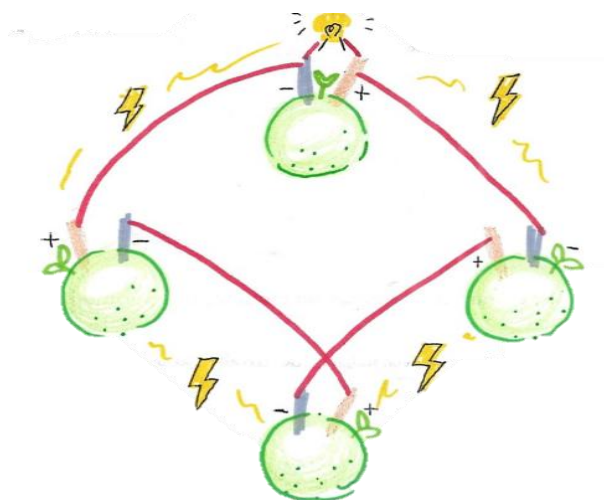
O modelo selecionado pelo grupo 2, possui uma representação visual interessante, com quatro limões conectados para acender uma lâmpada de LED. A inclusão das placas de zinco e cobre, bem como a legenda explicativa, demonstra uma tentativa de coerência na representação científica do experimento.

No entanto, a conexão incorreta dos eletrodos (zinco com zinco em vez de zinco com cobre) revela um erro conceitual significativo. Embora o estudante tenha compreendido a necessidade de múltiplos limões para gerar energia, a falha na representação das conexões prejudica o modelo, já que, cientificamente, o circuito não funcionaria da forma ilustrada.

Esse erro de conexão compromete o rigor científico do modelo e impede uma integração adequada entre os níveis representacionais. O estudante não conseguiu articular corretamente o conceito de diferença de potencial entre os eletrodos, essencial para o funcionamento do circuito.

Apesar da clareza na expressão e no desenho, a representação necessita de uma compreensão mais aprofundada dos princípios eletroquímicos que regem o experimento. A adição de analogias ou uma explicação mais detalhada poderia auxiliar o estudante a conectar corretamente os eletrodos e compreender o papel de cada material no processo de oxirredução, melhorando assim a coerência e a adequação do modelo, dessa forma, o modelo se caracteriza como parcialmente inadequado (2). O grupo 3 fez a seguinte escolha:

Figura 55: Modelo selecionado pelo G3 no E2



Fonte: Dados da pesquisa

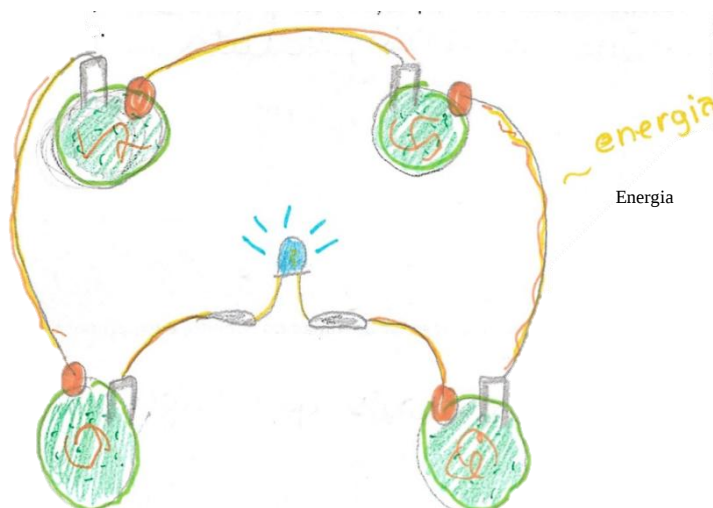
O modelo selecionado pelo grupo 3, destaca-se por ser visualmente atrativo e bem colorido, com as cores sendo utilizadas de maneira estratégica para identificar os eletrodos de cobre e zinco. Nesse caso, o estudante conseguiu conectar os quatro limões corretamente, respeitando a polaridade (positivo e negativo) e fazendo as ligações adequadas entre os eletrodos.

Esse aspecto confere ao modelo um maior rigor científico em comparação ao modelo do grupo 2, no qual as conexões estavam equivocadas. A inclusão dos polos dos eletrodos, assim como a indicação da passagem de energia pelo circuito até a lâmpada de LED, demonstra uma compreensão mais aprofundada do funcionamento do experimento.

Além de ser visualmente claro, o modelo do grupo 3 integra bem os diferentes níveis representacionais, com uma correta representação do nível macroscópico (os limões e o LED), e uma correta articulação das ligações eletroquímicas, que corresponde ao nível submicroscópico.

Logo, esse é um modelo cientificamente coerente e funcional, indicando uma boa compreensão dos conceitos de oxirredução e a diferença de potencial entre os eletrodos. A criatividade do estudante ao utilizar cores para diferenciar os componentes facilita a visualização e a interpretação do modelo, tornando-o claro e eficaz, dessa forma sendo caracterizado como um modelo adequado (4). Já o modelo selecionado pelo grupo 4:

Figura 56: Modelo selecionado pelo G4 no E2



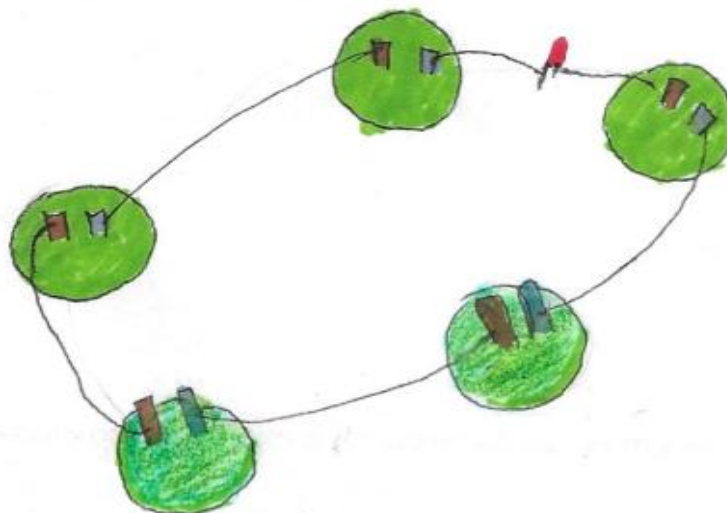
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo escolhido pelo grupo 4 (figura 56) é muito semelhante ao modelo do grupo 3, ele também se destaca pela coerência nas conexões entre os limões, usando as cores para diferenciar os eletrodos e facilitar a compreensão do experimento. A principal diferença é a substituição das placas de zinco e cobre por um clipe e uma moeda de cinco centavos, refletindo uma tentativa criativa de usar materiais alternativos para representar os eletrodos.

Essa adaptação não compromete a precisão científica do modelo, pois o circuito ainda se mantém funcional, com o fechamento adequado e o acendimento da lâmpada de LED. A inclusão das “ondas” amarelas para ilustrar a passagem de energia ao redor dos fios é uma adição visual interessante e criativa, ajudando a reforçar o conceito de fluxo de energia no circuito.

O modelo integra corretamente o nível macroscópico, ao representar os componentes físicos, e o submicroscópico, ao diferenciar os eletrodos e indicar a circulação da corrente elétrica. Assim como no modelo do grupo 3, embora falte uma explicação simbólica (como equações), o modelo é cientificamente coerente e bem executado, com uma abordagem visual clara e bem comunicada, também caracterizando o modelo como adequado (4). Já a escolha do grupo 5:

Figura 57: Modelo selecionado pelo G5 no E2



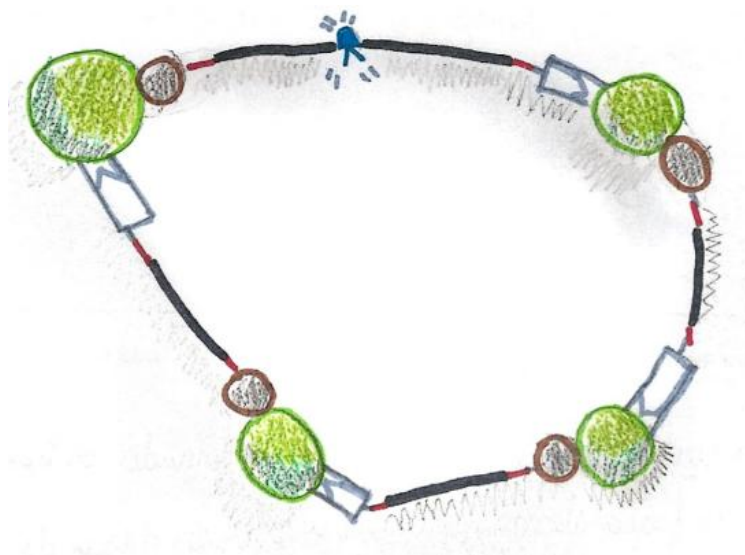
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo apresentado pelo grupo 5 (figura 57), conforme a imagem, representa um circuito com cinco limões conectados. O modelo mostra uma parte corretamente conectada, seguindo a lógica de alternância entre os polos positivo e negativo, essencial para o circuito funcionar. Entretanto, há uma falha significativa na outra parte do modelo, onde o estudante repete o mesmo eletrodo, viabilizando o fechamento do circuito e, conseqüentemente, o fluxo de energia para acender o LED. Essa incorreção compromete a coerência científica do modelo.

Do ponto de vista da precisão científica, o erro nas conexões dos eletrodos limita a funcionalidade do experimento. Mesmo que o modelo apresente elementos visuais claros, como os limões e os eletrodos bem diferenciados, a falha na ligação afeta a integração entre os níveis representacionais, pois o conceito de diferença de potencial entre os eletrodos, fundamental para o processo de oxirredução, não foi aplicado corretamente.

Visualmente, o modelo é bem elaborado, com traços e cores bem definidos para diferenciar os elementos, mas a falta de atenção aos detalhes científicos compromete a sua coerência de forma geral, sendo necessárias algumas reformulações e novos testes para que fosse caracterizado como adequado, sendo assim, esse é um modelo parcialmente inadequado (2). Já o último grupo, escolhe o seguinte modelo:

Figura 58: Modelo selecionado pelo G6 no E2



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo selecionado pelo grupo 6 (figura 57), segue uma estrutura semelhante ao modelo proposto pelo grupo 4. Ele apresenta a ligação correta de quatro limões, com o uso de cliques de metal e moedas de cobre como eletrodos. A conexão entre os eletrodos é feita adequadamente, alternando entre positivo e negativo, permitindo o funcionamento do circuito e o acendimento do LED, evidenciado pela representação do LED azul na parte superior do desenho.

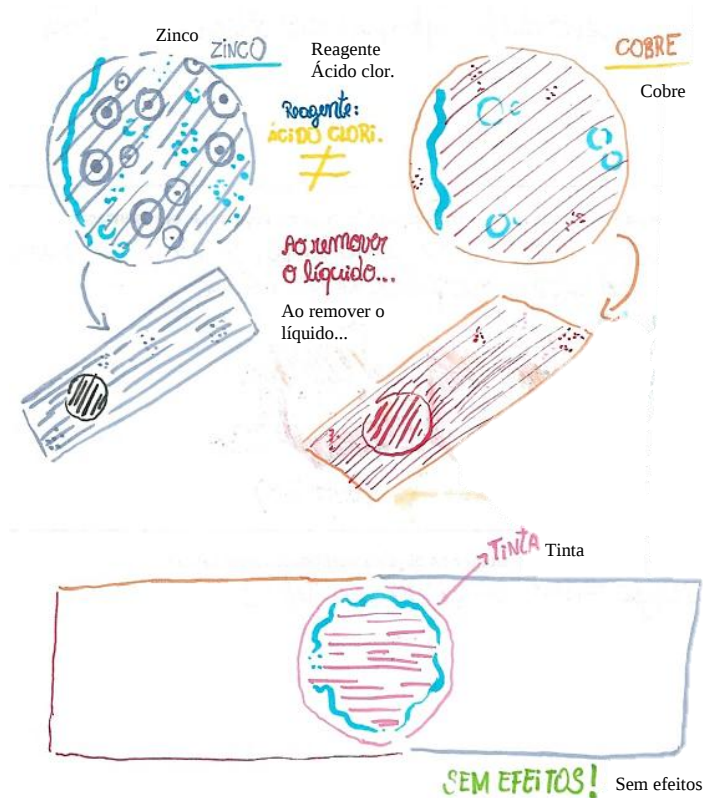
Uma característica interessante deste modelo é a forma criativa como o estudante representou a passagem de energia. As linhas em *zigzag* ao redor dos fios conectores indicam o fluxo de corrente, facilitando a compreensão visual do funcionamento do circuito. Esse detalhe enriquece o modelo, reforçando a clareza na expressão visual e a criatividade na representação do conceito de energia. No entanto, assim como em outros modelos, falta uma representação simbólica mais detalhada, como uma equação Química ou uma explicação mais clara sobre o processo eletroquímico. Apesar disso, o modelo é adequado (4) e demonstra uma boa compreensão do conceito de oxirredução e do funcionamento da pilha de limão.

Encontro 3

Passando para o encontro 3, foram realizadas atividades práticas envolvendo o mesmo conceito trabalhado nos encontros anteriores, o que mudou nesse encontro foi o contexto em que a oxidação estava envolvida. Por isso, na folha de atividades 3, foi solicitado que os estudantes escolhessem uma das práticas realizadas e representassem esse resultado por meio de um modelo.

Após a expressão, cada grupo escolheu um modelo que fosse mais coerente dentre aqueles propostos pelos colegas, discutindo os detalhes e coerência de cada um, antes que estes fossem apresentados a turma como forma de validação do modelo, para esse encontro, os modelos selecionados pelos grupos foram: G1, G2, G3, G4, G5 e G6. Iniciando pelo grupo 1, que escolheu o modelo:

Figura 59: Modelo selecionado pelo G1 no E3



Fonte: Dados da pesquisa

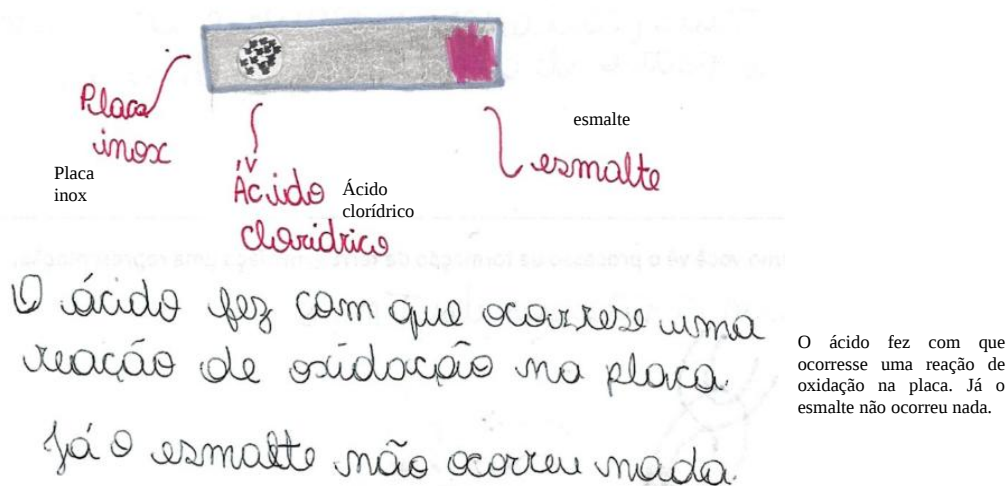
O modelo (figura 59) selecionado pelo grupo 1 reflete um uso robusto da modelagem como ferramenta de ensino, alinhado com as ideias mais recentes sobre o uso de modelos no ensino de Química. De acordo com Justi e Mendonça (2016), a modelagem no ensino de ciências fornece ao estudante uma oportunidade de desenvolver um

entendimento mais profundo das características ao representar e refletir sobre o comportamento de sistemas complexos, como as reações de oxidação.

Além disso, a inclusão da camada de esmalte como barreira protetora demonstra uma compreensão sobre a proteção contra a corrosão, favorecendo uma conexão prática entre o conceito científico e suas aplicações cotidianas, um aspecto fundamental defendido por Mozzer e Justi (2013) no ensino de Química associado a modelagem.

Essa abordagem estimula o raciocínio crítico dos estudantes e facilita a transição entre diferentes níveis representacionais, tornando o conceito de oxirredução mais acessível. A utilização da referência da visualização com o microscópio USB como parte da observação experimental também reflete uma prática moderna no ensino de ciências, que combina a observação direta com a representação visual e teórica, fortalecendo a aprendizagem significativa (Justi e Mendonça, 2016). Já o grupo 2 fez a seguinte escolha:

Figura 60: Modelo selecionado pelo G2 no E3



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo selecionado pelo grupo 2 (figura 60) reflete um entendimento parcial do processo de oxidação e a função protetora do esmalte. A representação gráfica simplifica o experimento, destacando a ação do ácido clorídrico na oxidação da placa de zinco, enquanto o esmalte é corretamente identificado como uma barreira protetora.

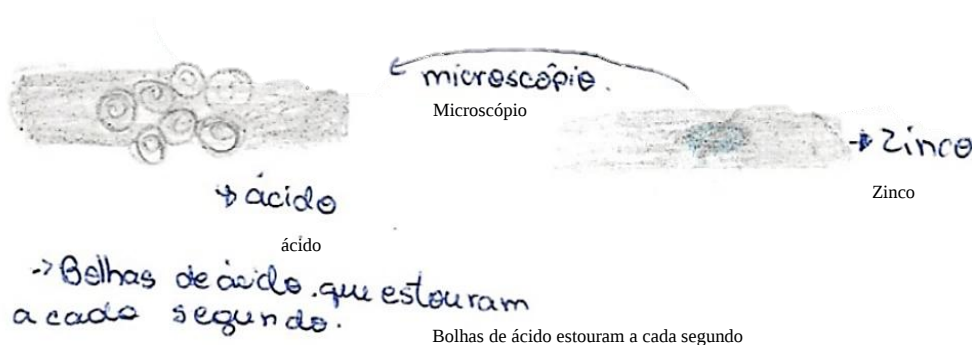
Segundo Justi e Mendonça (2016), a modelagem é fundamental para auxiliar os estudantes a representarem conceitos científicos em diferentes níveis, mas, neste caso, o modelo não integra os três níveis representacionais (macroscópico, submicroscópico e

simbólico) de maneira completa, faltando uma representação clara da interação sub-microscópica entre o ácido e o zinco.

Por outro lado, o fato de o estudante diferenciar as partes da placa protegida pelo esmalte e as expostas ao ácido demonstra uma tentativa de conectar os resultados experimentais com uma compreensão teórica básica. A construção de modelos no ensino de Química pode permitir que os estudantes formulem explicações sobre características, mesmo que essas explicações ainda estejam incluídas no estágio inicial de desenvolvimento.

Nesse modelo, a explicação sobre a ausência de ocorrência no lado protegido pelo esmalte é correta, mas a simplificação visual e a ausência de mais detalhes impedem que o modelo seja considerado completo adequado para explicar a oxidação de forma mais rica e integrada, sendo assim, este é um modelo parcialmente adequado (3). O modelo do grupo 3 por sua vez:

Figura 61: Modelo selecionado pelo G3 no E3



Fonte: Dados da pesquisa

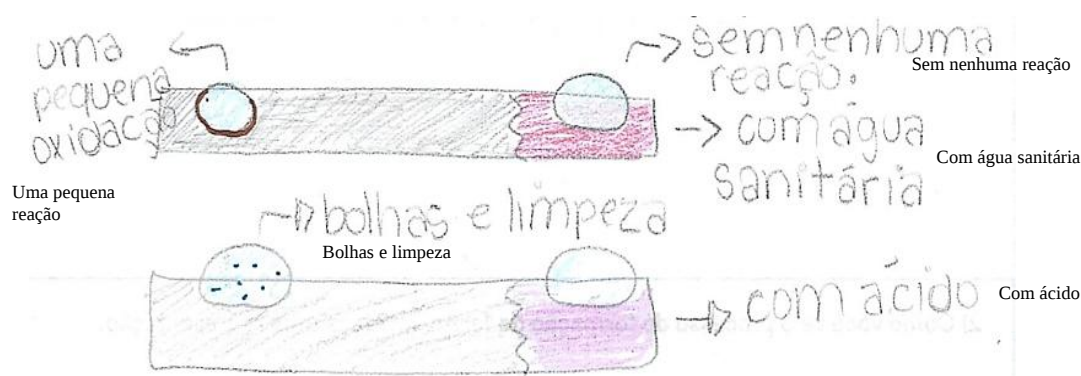
O modelo selecionado pelo grupo 3 demonstra uma compreensão mais detalhada e coerente dos fenômenos envolvidos no processo de oxidação. A representação das duas placas de zinco, uma em nível macroscópico e a outra com ampliação microscópica, reflete uma integração eficaz entre os níveis de representação descritos por Johnstone (1991), que destaca a importância de conectar o macroscópico (a mancha visível na placa) com o submicroscópico (as bolhas resultantes da reação Química).

Essa conexão é um ponto essencial na modelagem, por permite que os estudantes visualizem e compreendam o que ocorre além do que é visível a olho nu, facilitando a aprendizagem significativa (Justi e Mendonça, 2016). Além disso, a descrição do

surgimento e desprendimento das bolhas é um indicativo de que o estudante está prestando atenção a detalhes importantes do experimento.

A representação das bolhas como um produto da reação de oxirredução está alinhada com a precisão científica exigida para modelos adequados. Segundo Oliveira e Justi (2024), modelos que incorporam tais características, mesmo que simplificados, contribuem para uma compreensão mais profunda dos processos químicos ao ilustrar os produtos da reação em diferentes níveis de observação. Esse modelo, portanto, apresenta não somente uma representação visual coerente, mas também uma explicação qualitativa sólida do que ocorre na superfície da placa de zinco quando em contato com o ácido, portanto é um modelo adequado (4).

Figura 62: Modelo selecionado pelo G4 no E3



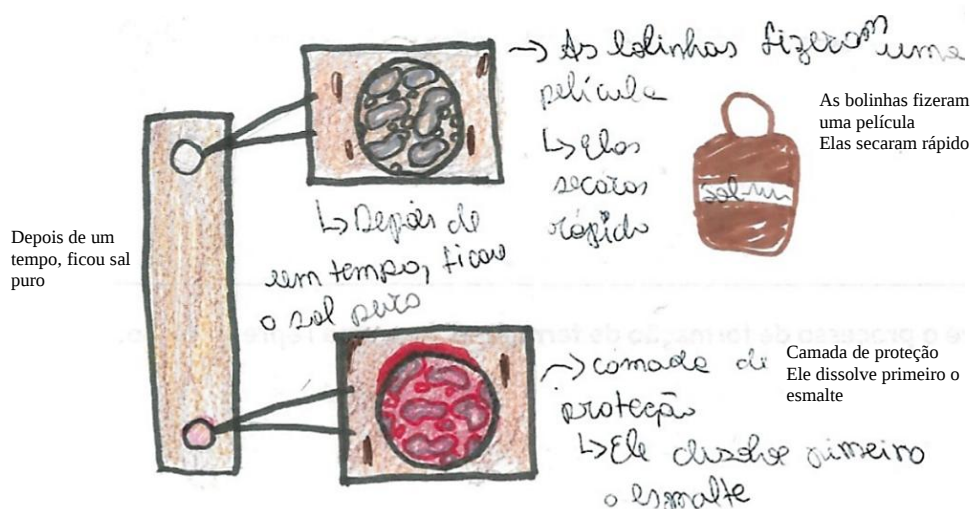
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo proposto pelo estudante do grupo 4 (figura 62) demonstra um entendimento parcial dos processos de oxidação, especialmente ao abordar a função do esmalte como barreira protetora. O estudante corretamente observa que, ao aplicar esmalte, não houve reação visível com o ácido ou a água sanitária, mas o erro conceitual ao interpretar o clareamento da placa de zinco como “limpeza” é um exemplo de confusão comum em relação aos fenômenos submicroscópicos e suas manifestações visíveis, conforme apontado por Johnstone (1993).

Segundo Justi e Gilbert (2002), o uso de modelos no ensino de Química deve auxiliar os estudantes a transitar entre diferentes níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) para evitar interpretações equivocadas, como a observada aqui. Ao confundir o clareamento com a remoção da oxidação, a estudante falha em compreender que o processo de oxirredução continua ocorrendo, ainda que visualmente pareça uma “limpeza”.

Para evitar tais confusões, Justi (2006) sugere o uso de modelos que incentivem o raciocínio crítico e a reflexão sobre o que é observado e o que de fato ocorre no nível molecular, mesmo assim, o modelo é claro em termos visuais, mas há um erro conceitual ao interpretar o efeito do ácido na placa de zinco. A integração entre os níveis representacionais poderia ser mais robusta, e o uso de analogias poderia facilitar a compreensão do processo químico, sendo considerado um modelo parcialmente adequando (3).

Figura 63: Modelo selecionado pelo G5 no E3



Fonte: Dados da pesquisa

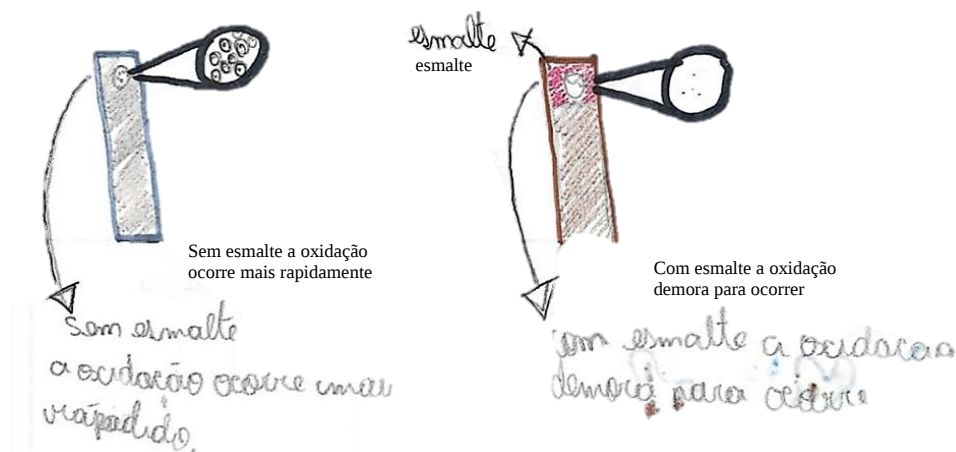
O modelo selecionado pelo grupo 5, traz uma representação visual detalhada do experimento com uma placa de cobre e a solução salina. A ampliação para destacar as bolhas e os cristais de sal é um ponto positivo, mas a ausência de menção à oxidação compromete o rigor científico. Como Justi e Gilbert (2002) destacam, a modelagem no ensino de ciências deve abordar as interações químicas em diferentes níveis representacionais, e nesse caso, a não inclusão da oxidação no modelo impede que o fenômeno seja explicado adequadamente.

Além disso, Johnstone (1993) enfatiza que o estudante precisa transitar entre o nível macroscópico, visível na formação do resíduo de sal, e o submicroscópico, que envolve a explicação do processo de oxidação do cobre, o uso da camada de esmalte como proteção é uma observação correta, mas, novamente, não é discutida em profundidade.

Segundo Souza e Justi (2012), a modelagem precisa estimular o estudante a refletir sobre as causas e efeitos dos processos observados, o que neste caso, com a falta de uma análise completa da oxidação, não foi plenamente alcançado. Portanto, o modelo

precisa ser complementado com explicações mais profundas dos fenômenos químicos que estão acontecendo, principalmente em relação à oxidação, por isso se caracteriza como um modelo parcialmente adequado (3).

Figura 64: Modelo selecionado pelo G6 no E3



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo escolhido pelo grupo 6 (figura 64), representa visualmente a reação de oxidação em uma placa de zinco e outra de cobre. Para o zinco, o estudante desenha a placa e amplia a área de contato com o reagente, mostrando a rápida formação de bolhas e informando que a oxidação ocorre mais rapidamente sem a proteção de esmalte. Na placa de cobre, o estudante também amplia a área de reação, mas destaca que a oxidação ocorre de forma mais lenta, evidenciada por pequenos pontos, em contraste com o zinco.

O modelo faz uma distinção clara entre os dois metais, representando adequadamente as diferenças na reatividade do zinco e do cobre. Segundo Johnstone (1993), é essencial que os estudantes compreendam e representem os fenômenos químicos em diferentes níveis, especialmente o macroscópico e o submicroscópico.

Justi e Gilbert (2002) argumentam que a modelagem deve ser usada para explicar fenômenos de maneira mais completa, incluindo aspectos visíveis e invisíveis. Neste caso, o estudante acerta ao representar a diferença na velocidade das reações entre zinco e cobre, mas poderia ir além ao explicar em nível atômico o porquê de o zinco ser mais reativo que o cobre.

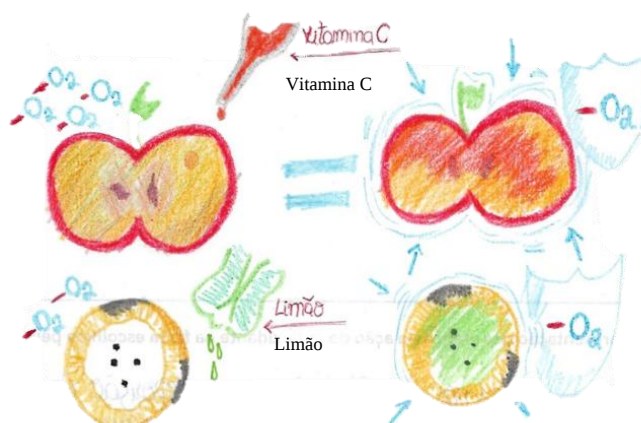
Além disso, a observação de que a oxidação ocorre mais rápido sem a proteção de esmalte está correta e reflete uma compreensão básica do processo de oxirredução. No geral, o modelo é visualmente claro e cientificamente correto em sua abordagem da

diferença na reatividade entre zinco e cobre, por isso é um modelo avaliado como adequado (4).

Encontro 4

Seguindo para o encontro 4 onde foi realizada uma atividade prática para os alunos observarem o escurecimento enzimático de algumas frutas, assim como algumas formas de prevenção com o uso de antioxidantes. Na folha de atividades 4, para expressão dos modelos, foi solicitado que os estudantes escolhessem um dos experimentos feitos e expressassem um modelo que evidenciasse os efeitos da reação naquela fruta. Dessa forma, o grupo 1 escolheu o seguinte modelo:

Figura 65: Modelo selecionado pelo G1 no E4



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo escolhido pelo grupo 1 utiliza uma abordagem visual para representar o processo de oxidação em uma maçã e em uma fatia de banana. O estudante primeiro desenha a maçã antes da reação, com a presença de oxigênio ao redor, indicando a necessidade de O_2 para a oxidação ocorrer. Ao adicionar vitamina C, o estudante representa uma “proteção” contra o contato do oxigênio, ilustrando essa proteção com um escudo. A mesma abordagem é usada para a banana, onde o limão atua como antioxidante, resultando na prevenção da oxidação.

O modelo do G1 demonstra uma compreensão adequada do uso de antioxidantes, representados pela vitamina C e pelo limão, para retardar a oxidação das frutas. Segundo Johnstone (1993), o estudante apresenta indícios de uma transição coerente entre o nível macroscópico, com a visualização das frutas, e o nível submicroscópico, com a indicação do papel do oxigênio e dos antioxidantes.

Além disso, a presença do escudo como metáfora visual para a proteção contra a oxidação segue a recomendação de Souza e Justi (2012), que destacam o valor de analogias no ensino de Química para facilitar a compreensão de processos invisíveis. Portanto, o modelo proposto é visualmente eficaz e transmite de maneira clara o papel dos antioxidantes na proteção contra a oxidação, por isso, é um modelo adequado (4). Ao contrário do grupo 2:

Figura 66: Modelo selecionado pelo G2 no E4



Fonte: Dados da pesquisa

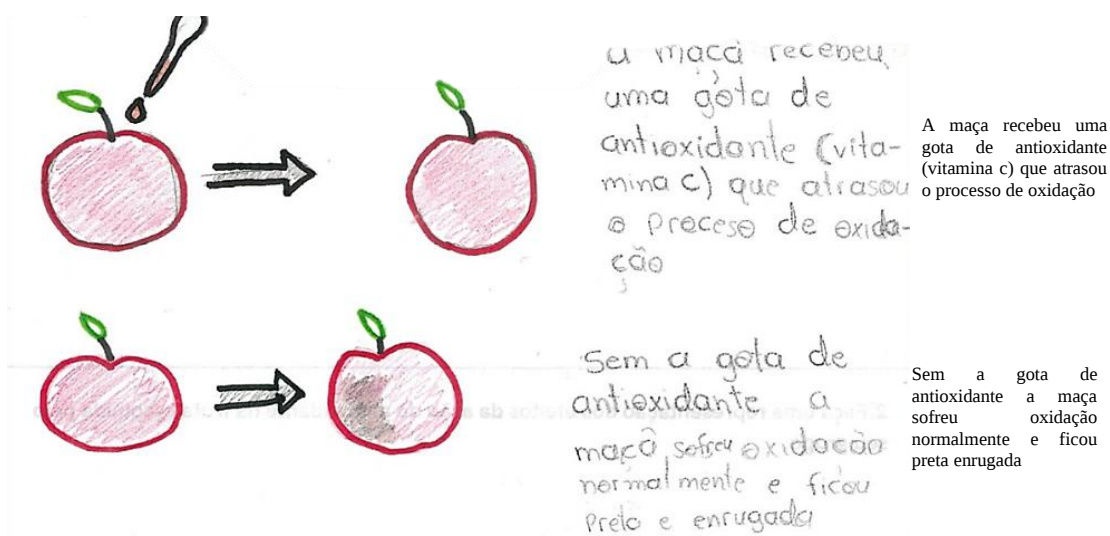
O modelo escolhido pelo grupo 2 (figura 65) é simples, com três colunas representando o experimento de oxidação nas fatias de maçã e banana. Na primeira coluna, as frutas estão expostas ao ar sem proteção, na segunda coluna, o estudante representa as frutas com vitamina C, e na terceira, com limão.

A única diferença visível é a alteração na tonalidade das frutas, mas o modelo necessita de detalhes que expliquem o processo de oxidação ou o papel dos antioxidantes, mostrando um esforço limitado na expressão e compreensão do fenômeno.

O modelo, embora simples, demonstra a ideia básica de proteção contra a oxidação. No entanto, conforme Johnstone (1993) destaca, um bom modelo deve integrar diferentes níveis representacionais. Neste caso, o estudante apenas apresenta o nível macroscópico, com a mudança visual na tonalidade das frutas, mas não há nenhuma explicação submicroscópica ou simbólica que detalhe o processo de oxidação e como os antioxidantes agem para impedir a reação.

Além disso, o modelo não utiliza analogias ou metáforas que poderiam enriquecer a compreensão do conceito, algo recomendado por Justi e Gilbert (2002) para facilitar a aprendizagem. A ausência de explicações ou representações detalhadas indica que o estudante não explorou plenamente o potencial da modelagem para descrever os mecanismos de proteção contra a oxidação, por isso, esse é um modelo inadequado (1). Já o modelo escolhido pelo grupo 3:

Figura 67: Modelo selecionado pelo G3 no E4



Fonte: Dados da pesquisa

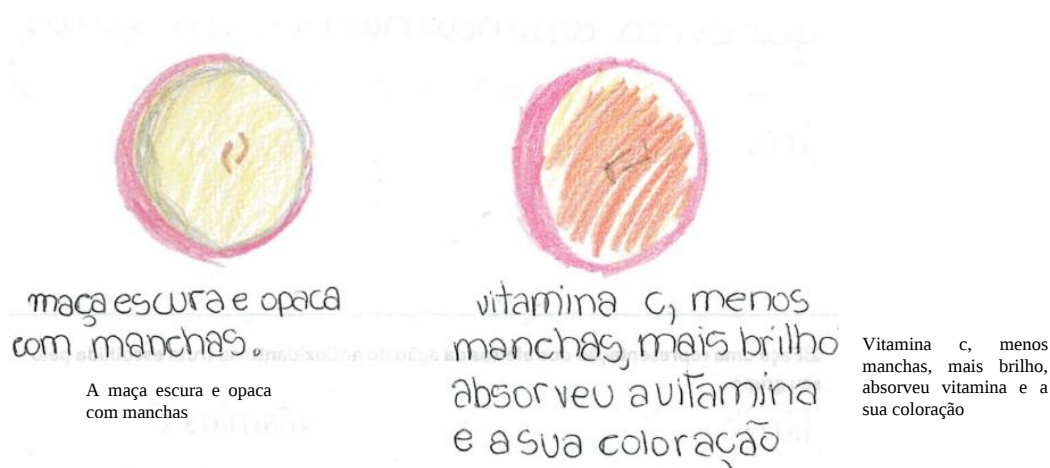
O modelo do grupo 3 (figura 67) apresenta um maior detalhamento em comparação à anterior. O estudante utiliza uma estrutura visual semelhante a uma equação: de um lado, os reagentes (a maçã e a vitamina C) seguidos por uma seta, e do outro, uma maçã que não escureceu, com a explicação de que a vitamina C atrasou o processo de oxidação.

Logo abaixo, o mesmo esquema é usado para mostrar a oxidação da maçã exposta ao oxigênio, pintada de escuro para indicar o escurecimento enzimático, acompanhada da explicação de que a fruta sofreu oxidação sem o antioxidante.

Esse modelo demonstra uma compreensão mais detalhada e organizada do processo de oxidação, utilizando uma estrutura que se assemelha a uma equação Química, facilitando a compreensão do papel dos antioxidantes. Conforme Justi e Gilbert (2002), modelos que seguem estruturas lógicas, como equações auxiliam os estudantes a visualizar e compreender melhor os fenômenos químicos, ao estabelecerem relações claras entre os reagentes e os produtos.

Ao representar a maçã sem o antioxidante de maneira visual, com a cor mais escura, o estudante faz uma transição adequada entre os níveis macroscópico e submicroscópico, como sugere Johnstone (1993). No entanto, a explicação submicroscópica sobre o papel do oxigênio na reação de escurecimento poderia ser mais detalhada para proporcionar uma compreensão completa do fenômeno, mesmo assim, ele continua sendo um modelo adequado (4).

Figura 68: Modelo selecionado pelo G4 no E4



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo do grupo 4 (figura 68) representa duas fatias de maçã com condições diferentes. A primeira está exposta ao oxigênio, sendo descrita como “escura, opaca e com manchas”, refletindo o processo de oxidação natural. A segunda fatia, com a aplicação de vitamina C, é descrita como tendo “menos manchas e mais brilho”. No entanto, a maçã absorveu tanta vitamina C que ficou com uma coloração alaranjada, mostrando um efeito visual diferente devido ao excesso de antioxidante.

O modelo evidencia bem a diferença entre uma maçã que passou pelo processo de oxidação e outra protegida por um antioxidante. Conforme Justi e Gilbert (2002), a representação da mudança visual nas fatias reflete o nível macroscópico, demonstrando o efeito da vitamina C como antioxidante. No entanto, o excesso de vitamina C, que resultou na coloração alaranjada, poderia ser melhor explicado no nível submicroscópico, onde o estudante poderia abordar como a absorção excessiva da substância altera a coloração natural da fruta.

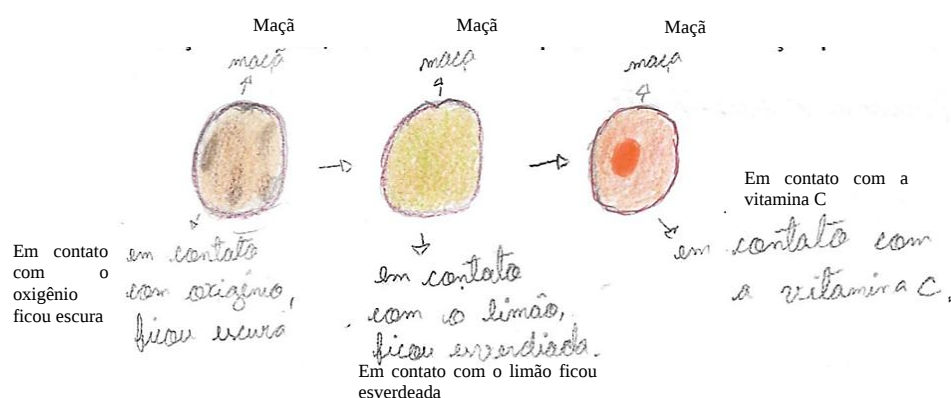
A oxidação visível na maçã exposta ao oxigênio é um reflexo direto do que ocorre em nível submicroscópico, onde os radicais livres reagem com as células da fruta, acelerando o escurecimento. Como Johnstone (1993) sugere, a conexão entre os níveis

macroscópico e submicroscópico é fundamental para uma explicação mais completa do fenômeno.

De forma geral, o modelo do grupo 4 oferece uma representação clara do efeito antioxidante da vitamina C, mas o excesso aplicado na maçã e a mudança de coloração alaranjada poderiam ser explicados de maneira mais científica. A integração de mais níveis representacionais poderia fortalecer a explicação do fenômeno químico, por isso, esse modelo foi avaliado como parcialmente adequado (3).

O modelo escolhido pelo grupo 5 (figura 69) apresenta três estágios de uma maçã em contato com diferentes substâncias. No primeiro estágio, a maçã está exposta ao oxigênio, resultando em um escurecimento visível. No segundo estágio, após o contato com o limão, a maçã adquire uma coloração esverdeada. No terceiro estágio, ao entrar em contato com a vitamina C, o modelo representa outra variação de cor. Essas mudanças são indicadas por uma legenda e pela escolha de diferentes cores para representar cada estágio, facilitando a visualização dos efeitos dos antioxidantes.

Figura 69: Modelo selecionado pelo G5 no E4

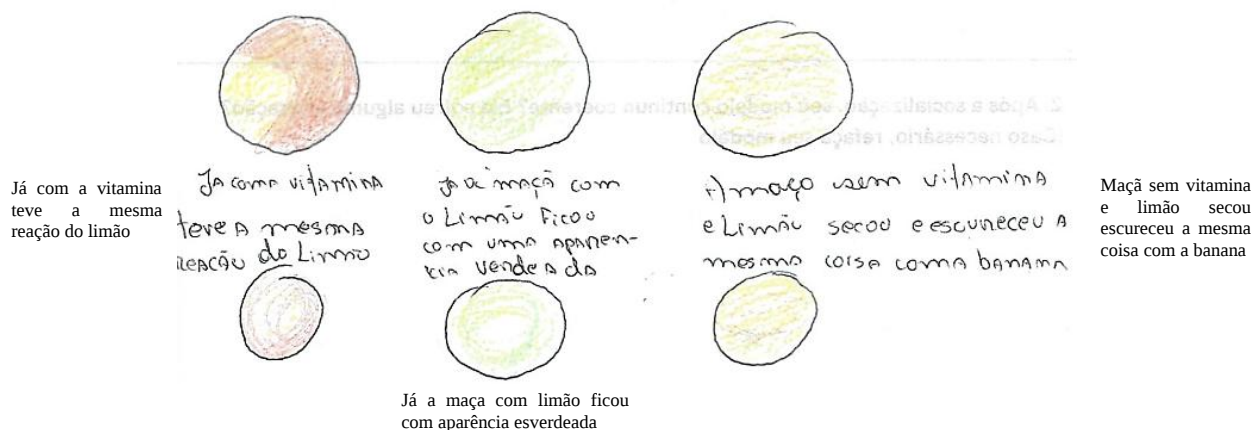


Fonte: Dados da pesquisa

O modelo do grupo 5 destaca as mudanças visíveis na maçã em diferentes estágios de oxidação e contato com antioxidantes, seguindo as recomendações de Johnstone (1993) sobre a importância de conectar o nível macroscópico com o submicroscópico. As cores escolhidas ajudam a identificar as diferenças nos efeitos do oxigênio, limão e vitamina C, mas o modelo necessita de explicações mais detalhadas sobre como esses antioxidantes retardam o processo de oxidação em nível submicroscópico. Segundo Justi e Gilbert (2002), modelos devem oferecer uma compreensão mais profunda das reações Químicas, indo além das representações visuais.

Embora a mudança de cor seja visualmente evidente, o modelo poderia abordar melhor o papel de substâncias como o limão e a vitamina C na neutralização de radicais livres, retardando o escurecimento enzimático causado pela oxidação. O uso de uma legenda para explicar as diferenças entre os estágios é útil, mas mais explicações sobre o mecanismo químico envolvido enriqueceriam o modelo, no entanto, se adequa a categoria de modelo parcialmente adequado (3).

Figura 70: Modelo selecionado pelo G6 no E4



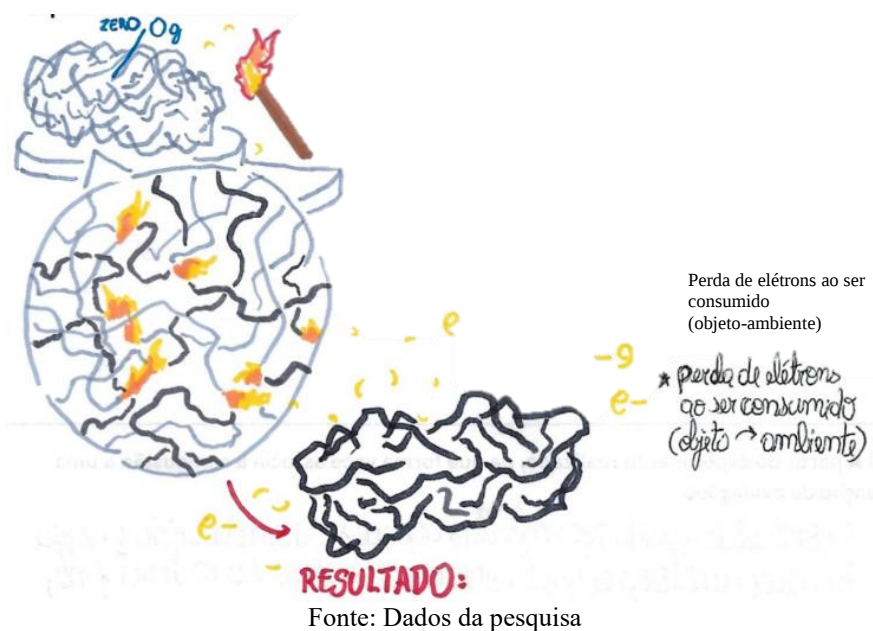
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo apresentado pelo grupo 6 compara os efeitos da vitamina C e do limão na oxidação de maçãs e bananas. O estudante organiza três fatias de cada fruta em colunas: na primeira coluna, ele adiciona vitamina C; na segunda, limão. Em ambas, a única diferença visível é a mudança de cor devido à absorção excessiva do antioxidante. Na terceira coluna, as frutas são expostas ao oxigênio e o estudante descreve que elas secaram e escureceram, indicando o processo natural de oxidação.

O modelo faz uma boa comparação entre os efeitos dos antioxidantes e a exposição ao oxigênio, ressaltando que, embora a absorção dos antioxidantes tenha causado uma mudança de cor, a proteção contra a oxidação não foi visivelmente demonstrada. Nesse caso, a mudança visual nas frutas é observada (nível macroscópico), mas o modelo necessita de uma explicação sobre como a vitamina C e o limão retardam a oxidação em nível submicroscópico, por isso, é caracterizado como um modelo parcialmente inadequado (2).

Encontro 5

O último encontro destinado para as atividades de modelagem foi o encontro 5, onde foram discutidas quais as relações entre uma reação de oxirredução e a reação de combustão. Para a expressão dos modelos, na folha de atividades 5 foi solicitado que os estudantes construíssem um modelo que evidenciasse as reações do experimento de conservação de massa realizado no mesmo dia.



O modelo (figura 71), escolhido pelo grupo 1, é detalhado e dividido em quatro partes principais. Primeiramente, ele representa a palha de aço de forma macroscópica, sendo pesada, e ao lado desenha um fósforo aceso, indicando a queima do material. Em seguida, amplia a imagem e mostra os pequenos pontos de fogo espalhando-se pela estrutura da palha de aço. Finalmente, ele desenha o material queimado e distribui elétrons ao redor, explicando que houve perda de elétrons durante a queima, associando esse processo à oxidação.

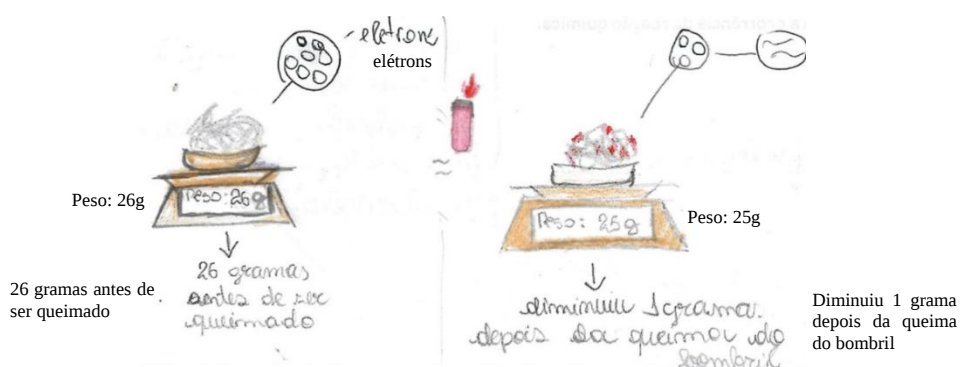
O modelo do G1 integra diversos níveis de representação, como o macroscópico, com a observação da palha de aço e seu peso antes da queima, e o submicroscópico, com a explicação da perda de elétrons, o que se alinha com o processo de oxidação. Segundo Johnstone (1993), a capacidade de transitar entre esses diferentes níveis é essencial para compreender fenômenos complexos.

A representação visual da propagação do fogo na palha de aço, seguida da explicação sobre a perda de elétrons, está em linha com a explicação Química da

oxirredução, que Justi e Gilbert (2002) afirmam ser fundamental para a compreensão dos processos químicos.

O modelo é bem estruturado e utiliza analogias visuais eficazes para explicar o processo de oxidação. A abordagem utilizada ajuda a conectar o que é visível (a queima da palha de aço) com o conceito químico de oxidação, tornando o modelo uma representação precisa e bem-sucedida, sendo um modelo adequado (4).

Figura 71: Modelo selecionado pelo G2 no E5



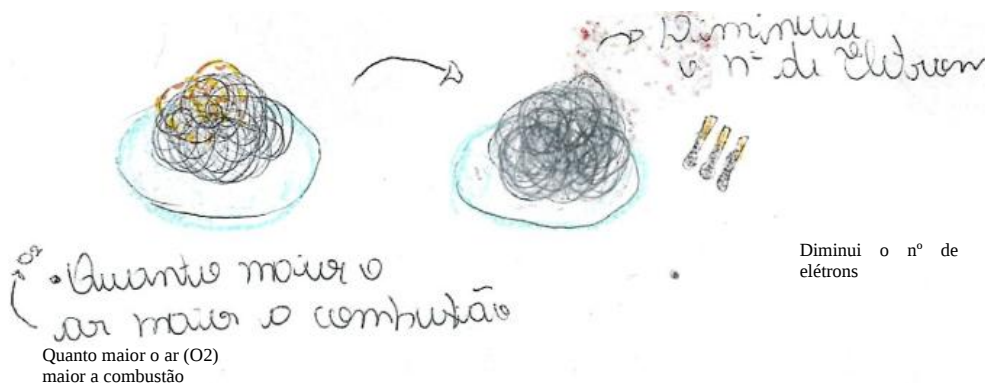
Fonte: Dados da pesquisa

O modelo proposto pelo grupo 2 (figura 72), selecionado pelo estudante, explora as características do experimento antes e depois da queima da palha de aço. Na primeira parte, ele desenha uma balança com 26 gramas de palha de aço antes da queima, destacando uma ampliação que mostra bolhas, chamadas de elétrons. Entre as duas partes, há o desenho de uma chama, indicando a queima. Após o processo, a balança mostra 25 gramas, e o estudante adiciona pequenos pontos vermelhos na estrutura da palha de aço modificada, além de ondas, representando a perda de elétrons no ar, esse equívoco se deu por algum erro durante a prática experimental.

O modelo representa claramente a relação entre a queima da palha de aço e a perda de elétrons, porém se confunde com o valor de massa inicial e final. Segundo Johnstone (1993), a transição entre os níveis macroscópico e submicroscópico é essencial para a compreensão dos processos químicos. Nesse caso, o estudante representa bem o nível macroscópico, com a perda de elétrons, e tenta ilustrar o submicroscópico com a perda

de elétrons, embora isso pudesse ser explicado de forma mais detalhada em termos de oxidação e transferência de elétrons.

Figura 72: Modelo selecionado pelo G3 no E5



Fonte: Dados da pesquisa

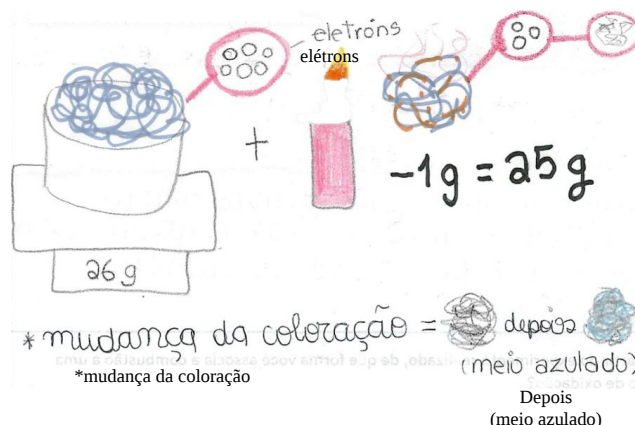
Apesar de o modelo ser claro, o conceito de “bolhas” para representar elétrons pode causar alguma confusão. Conforme Justi (2006), o uso de representações visuais deve ser preciso para evitar ambiguidades conceituais. A ideia de que os elétrons “se perdem no ar” são válidos, mas a metáfora das bolhas pode prejudicar o entendimento completo do processo de oxidação, por isso, esse é um modelo caracterizado como parcialmente adequado (3).

O modelo escolhido pelo grupo 3 (figura 73), representa dois momentos da reação de combustão da palha de aço. No primeiro, ele desenha a palha de aço queimando sobre um vidro de relógio e observa que, quanto maior a quantidade de ar, maior a combustão. Depois, ele faz uma seta para o segundo momento, após a queima, mostrando a mudança na aparência do material e destacando a diminuição no número de elétrons, conectando isso ao processo de oxidação.

O estudante compreende corretamente a relação entre a quantidade de oxigênio e a intensidade da combustão, um conceito fundamental nas reações de oxidação. A observação sobre a perda de elétrons também está correta, já que na oxidação há uma transferência de elétrons. No entanto, a explicação poderia ser mais detalhada no nível submicroscópico, explicando como a oxidação e a perda de elétrons afetam a estrutura atômica do material, reforçando o que acontece além do visível.

Para reforçar o entendimento, uma explicação sobre a função do oxigênio como agente oxidante seria relevante. A inclusão de uma analogia visual ou simbólica, como o uso de uma imagem representando a transferência de elétrons, poderia enriquecer o modelo, como sugerido por abordagens de ensino que favorecem o uso de representações visuais para conectar os fenômenos macroscópicos e sub-microscópicos, por isso esse é um modelo parcialmente adequado (3).

Figura 73: Modelo selecionado pelo G4 no E5



Fonte: Dados da pesquisa

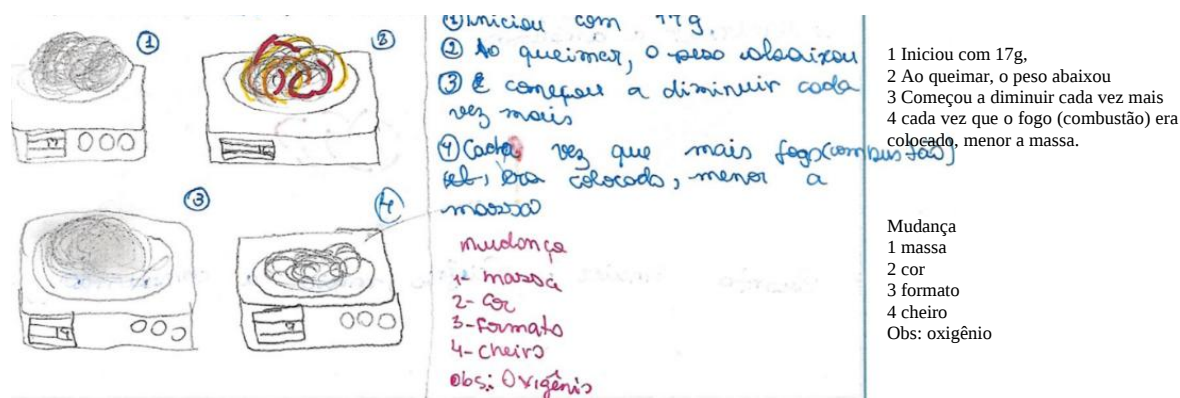
O modelo escolhido pelo grupo 4 (figura 74), é detalhado e apresenta informações relevantes sobre o experimento com a palha de aço. O estudante desenha uma balança pesando 26 gramas de palha de aço e indica a perda de 1 grama após a queima (erro experimental). Ele também menciona a perda de elétrons, além de ser o primeiro a destacar a mudança de coloração da palha de aço, que se torna azulada após o processo de oxidação, um detalhe significativo para entender as alterações na estrutura da matéria.

O modelo do G4 traz uma abordagem mais completa do fenômeno de oxidação, mas relaciona equivocadamente a perda de massa e elétrons com a mudança física na palha de aço. Ao incluir a observação sobre a coloração azulada após a queima, o estudante demonstra um entendimento mais aprofundado do processo químico, conectando as alterações visíveis com os eventos que ocorrem no nível submicroscópico.

Isso está em consonância com o que é esperado no ensino de Ciências, que busca uma articulação clara entre o nível macroscópico (mudança de cor e massa) e o submicroscópico (perda de elétrons e modificação da estrutura), como recomendado por Johnstone (1991, 1993, 2004).

A menção da perda de elétrons reflete uma compreensão correta dos processos de oxirredução. A coloração azulada também pode ser associada à formação de óxidos na superfície da palha de aço, uma característica Química importante que o estudante captou de maneira eficaz, tratando-se de um modelo adequado (4).

Figura 74: Modelo selecionado pelo G5 no E5



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo selecionado pelo grupo 5 (figura 75) representa quatro balanças em diferentes momentos da reação de queima da palha de aço, acompanhadas de descrições que relatam o procedimento experimental. Na primeira balança, o estudante menciona que iniciou com 17 gramas. Na segunda, com a palha já queimada, ele observa que o peso diminui. Na terceira balança, após a finalização da queima, ele relata que o peso continua a diminuir. Na última balança, o estudante afirma que quanto mais ele adiciona fogo, menos massa é pesada. Ao finalizar, ele lista as mudanças observadas: massa, cor, formato e cheiro.

O modelo evidencia a percepção do estudante sobre a perda de massa contínua durante o processo de combustão, o que é uma observação importante no estudo de reações de oxidação. A variação na massa ao longo do tempo está de acordo com o que ocorre quando a palha de aço é queimada e parte de sua matéria é convertida em óxidos e liberada na forma de gases, explicando a diminuição de massa.

A observação de outras mudanças, como cor e formato, mostra que o estudante está atento a diversas propriedades do material, o que é um aspecto positivo do modelo. No entanto, a explicação sobre o processo submicroscópico, como a perda de elétrons e o papel do oxigênio na reação, está ausente.

Para enriquecer o modelo, seria importante detalhar o processo de oxidação em nível submicroscópico, explicando como a perda de massa está relacionada à oxidação e à conversão do metal em óxidos. Além disso, a explicação sobre a coloração e as demais propriedades poderiam ser mais profundas, conectando essas observações ao que ocorre na estrutura atômica da palha de aço, por isso foi classificado como parcialmente adequado (3).

Figura 75: Modelo selecionado pelo G6 no E5



Fonte: Dados da pesquisa

O modelo escolhido pelo grupo 6 (figura 76) concentra-se em uma representação macroscópica da reação de queima da palha de aço, dividida em três momentos. No primeiro, o estudante desenha a palha de aço intacta; no segundo, ele adiciona pequenas partículas coloridas para indicar as faíscas consumindo o material durante a queima. Na última parte, o modelo representa a palha de aço já queimada, com uma nova característica: a formação de pequenos pontos que acumulam óxido de ferro, como pequenos “nós” distribuídos pela estrutura, um detalhe que não foi mencionado por outros grupos.

O modelo do G6 é visualmente detalhado e se concentra nas mudanças macroscópicas que ocorrem durante a queima da palha de aço. A adição das faíscas que consomem o material é uma representação clara da oxidação ocorrendo durante a combustão. Além disso, o destaque para os “nós” de óxido de ferro mostra uma atenção ao que ocorre na superfície da palha de aço após a queima, refletindo a formação de óxidos, sendo um dos produtos esperados desse tipo de reação.

No entanto, o modelo poderia incluir uma explicação mais profunda sobre o processo submicroscópico resultante na formação de óxidos de ferro e sobre como a

queima facilita a oxidação do material. A menção da estrutura queimada e os depósitos de óxidos são boas observações macroscópicas, mas seria interessante incluir uma explicação sobre a transferência de elétrons e a interação com o oxigênio, proporcionando uma compreensão mais ampla da reação de oxirredução, por esse motivo foi classificado como um modelo parcialmente adequado (3).

Todos esses modelos são fruto de representações pessoais criadas individualmente e inacessíveis aos demais, chamadas de modelos mentais, que passam a serem nomeados modelos expressos, ao serem expostos para outras pessoas. No caso de um grupo social concordar com um modelo expresso, tem-se um modelo consensual. (Melo e Silva, 2019).

Após analisar os modelos consensuais de todos os encontros, observamos que todos foram expressos por meio do desenho, uns coloridos e outros não, sobre isso, na entrevista os alunos afirmaram que:

A29G1 “Eu usei muito a escrita para tentar organizar, mas o que funcionou mais para mim na elaboração dos modelos foi o desenho mesmo”

A11G2 “ah, depois de um tempo foram os desenhos, mas eu também ficava prestando atenção em como as pessoas vinham aqui na frente apresentar e falar dos seus modelos, e aí eu ia meio que fui tendo umas ideias, e respondendo às perguntas e modificando o meu modelo”

A18G3 “Desenhar e colocar do lado em tópicos, eu escrevia tudo o que estava acontecendo”

A22G4 “O desenho mesmo, o meu grupo até chegou a fazer um modelo usando massinha de modelar, acho que foi o modelo do limão e o das frutas, mas acho que seria mais fácil de entregar o modelo desenhado, daria para colocar mais detalhes.

A15G5 “Eu usei muito desenho, teve atividade que eu não escrevi, que eu só fiz o desenho do modelo”

A21G6 “Por uns desenhos, eu gostei muito de desenhar as estruturas e como funciona, achei bem interessante”

Esses depoimentos dos estudantes refletem a diversidade de formas pelas quais eles expressaram seus modelos mentais. A literatura, como apontam autores como Justi (2006) e Gilbert (2004), destaca que os modelos mentais podem ser expressos de diversas maneiras, incluindo representações visuais, verbais ou físicas. No caso desses estudantes, o uso predominante de desenhos reflete a preferência por representações visuais como uma forma eficaz de organizar e comunicar seus modelos mentais.

Além disso, A11G2 menciona que, além do desenho, observe as apresentações dos colegas que auxiliaram na construção e modificação de seu próprio modelo, ressaltando a importância do processo de modelagem coletiva e interativa na aprendizagem. Essas “apresentações” mencionadas pelos estudantes, foram a etapa de teste dos modelos, onde os outros grupos eram responsáveis por avaliar a coerência dos modelos.

A22G4 e seu grupo também exploraram o uso de um modelo físico com massinha de modelar, uma abordagem que reforça a ideia de que os modelos podem ser tridimensionais. Contudo, o próprio estudante A22G4 comenta que o desenho oferece mais flexibilidade para incluir detalhes, mostrando como diferentes formas de manifestação de modelos podem ter vantagens e especificações dependendo do objetivo.

Outro fator que contribuiu para a expressão de modelos coerentes, é a existência de um modelo teórico bem definido, eles servem como orientações que estruturam o pensamento dos estudantes, fornecendo um quadro conceitual para a construção de representações mais precisas e coerentes. Justi (2006) aponta que o uso de modelos teóricos permite que os estudantes construam, modifiquem e refinem suas próprias representações mentais com base em conceitos.

Ao usar modelos teóricos, como os que explicam processos de oxidação, os estudantes permitem associar suas observações experimentais com conceitos científicos já construídos, por isso, é importante que os estudantes já tenham estudado o conteúdo antes de expressar o modelo. Isso se reflete, por exemplo, nas autoridades dos estudantes que mencionaram a perda de massa, mudança de coração e perda de elétrons durante os experimentos.

Sobre isso, na questão 9 da entrevista os alunos foram questionados se ainda não tivessem estudado esse conteúdo, se conseguiriam expressar modelos coerentes?

A29G1 “Sinceramente não, porque para mim toda a aula tem que ter uma explicação, se não fosse por aquele assunto como é que eu ia fazer o modelo? tipo, eu também poderia pesquisar mais sobre o assunto, mas para não deixar nenhuma dúvida, porque a internet algumas vezes deixa dúvidas, a gente busca querer isso mais na prática também, ao vivo, mas se fosse outro

conteúdo ou se ele não tivesse sido abordado antes eu não conseguiria, nem saberia o que fazer direito”

A11G2 “Não eu acho que não. é porque assim, teve as etapas das pessoas virem aqui na frente e acontecer de outras pessoas saberem mais que eu, e isso meio que me ajudou a entender as coisas, mas acho que se eu não soubesse dessas coisas seria um pouco mais difícil criar os modelos. Mas não seria impossível”

A18G3 “não”

A22G4: “Acho que eu teria um pouco mais de dificuldade para compreender o que tava acontecendo, e seria mais difícil de fazer um modelo”

A15G5 “creio eu que não”

A21G6 “Acho que de certa forma a gente teria dificuldade sim, mas conseguiria fazer”

As respostas de todos os participantes refletem a necessidade de o estudante já ter estudado o conteúdo antes de passar pelo processo de modelagem, para que este tenha consciência de um modelo conceitual bem definido, para que conseqüentemente consiga expressar um modelo mental coerente, e caso o modelo expresso precise ser remodelado, essa é uma excelente oportunidade para que o modelo conceitual do estudante também seja redefinido.

A presença de um modelo mental bem definido pelos estudantes exerce uma influência significativa na expressão de um modelo mental coerente, pois ambos estão profundamente interligados no processo de aprendizagem. O modelo conceitual, que representa o entendimento teórico e organizado de um determinado conceito, serve como uma estrutura de referência para o estudante poder construir seu modelo mental, que é como ele internaliza e representa esse conhecimento.

Quando o estudante possui um modelo conceitual claro e bem fundamentado, ele tem mais recursos para organizar suas ideias, selecionar os aspectos relevantes do fenômeno e representá-los de maneira consistente, seja por meio de desenhos, esquemas ou descrições, por isso seria muito difícil expressar um modelo coerente sem antes conhecer e compreender o conteúdo que pretendido ser modelado.

A coerência do modelo mental, nesse contexto, reflete a capacidade do estudante de integrar diferentes níveis de representação, como os apontados por Johnstone (1991) o microscópico, o macroscópico e o simbólico. Um estudante que compreende bem o conceito pode fazer essas conexões de forma mais fluida, expressando um modelo mental

que não só representa o fenômeno de maneira precisa, mas também que faz sentido nas regras e princípios científicos que ele aprendeu.

Por exemplo, no caso da oxirredução, um estudante que entendeu de claramente como ocorrem as transferências de elétrons no nível microscópico pode, com mais facilidade, representar esse processo em um modelo mental que seja coerente tanto com as observações macroscópicas (como mudanças de cor ou formação de produtos) quanto com as equações Químicas envolvidas.

Justi (2006) também ressalta que a elaboração de modelos mentais é um processo dinâmico e interativo, que depende da capacidade do estudante de revisar e aprimorar suas representações com base nos testes e avaliações que submete seus modelos e nas suas próprias reflexões.

Um modelo conceitual bem consolidado oferece uma base sólida para o estudante poder fazer esses ajustes de forma mais eficaz, evitando incoerências ou falhas na representação. Isso significa que a clareza conceitual facilita a adaptação do modelo mental a novas informações ou situações, mantendo a coerência ao longo do processo.

Além disso, a internalização de um modelo conceitual bem definido auxilia o estudante a lidar melhor com a incerteza ou ambiguidade durante a elaboração do modelo mental. Quando confrontado com desafios ou novas informações, ele tem uma referência confiável que o orienta na tomada de decisões e na formulação de hipóteses.

Esse nível de autoconfiança e clareza mental contribui para uma expressão mais precisa e detalhada de seus modelos mentais, como foi observado nas respostas dos seus próprios estudantes durante a análise de modelos e entrevistas, onde aqueles que estudaram previamente o conteúdo de oxirredução mostraram maior facilidade em criar modelos mentais coerentes.

Portanto, a existência de um modelo conceitual bem definido na mente do estudante é um fator determinante para a expressão de modelos mentais coerentes, ao fornece uma base estruturada e organizada para o estudante poder interpretar, representar e revisar o fenômeno de estudo de maneira precisa e consistente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância das atividades práticas no ensino de Química foi confirmada ao longo dessa pesquisa, evidenciando que essas práticas não somente facilitaram o entendimento teórico dos conteúdos, mas também proporcionaram uma aprendizagem mais significativa, visto que, as atividades experimentais são essenciais para que os estudantes possam relacionar teoria e prática, desenvolvendo uma compreensão mais profunda dos fenômenos científicos.

No caso da oxirredução, o uso das atividades experimentais permitiu que os estudantes observassem diretamente os efeitos das reações químicas, facilitando a construção de seus modelos mentais. Esse tipo de experiência proporciona a possibilidade de testar hipóteses e formular explicações baseadas em observações concretas, conduzidas pelos próprios estudantes, e não apenas por meio da observação passiva, fato que já é apontando nos referenciais teóricos adotados.

A pesquisa também revelou que o planejamento cuidadoso das atividades, levando em consideração o contexto dos estudantes, desempenhou um papel essencial no processo de ensino e aprendizagem. Ao incluir fenômenos regionais e exemplos do cotidiano, a pesquisa atendeu à necessidade de contextualização do conhecimento científico. Essa conexão com o cotidiano não só facilitou o engajamento dos estudantes, como também permitiu que eles vissem a relevância do conhecimento químico em suas próprias vidas, tornando os conceitos mais acessíveis e aplicáveis.

Outro aspecto que merece destaque é como a modelagem foi útil como ferramenta facilitadora da transição entre os níveis representacionais. Como apontado por Johnstone a habilidade de transitar entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico é crucial para a compreensão de fenômenos químicos. Nessa pesquisa, essa transição foi claramente observada nas atividades que utilizaram o processo de modelagem associado ao uso do microscópio USB, que permitiu aos estudantes ver detalhes do nível microscópico das reações de oxirredução.

Os resultados reforçam que o uso de modelos em sala de aula ajuda os estudantes a visualizar e integrar os diferentes níveis de representação, uma habilidade que os participantes dessa pesquisa demonstraram ao testar e aprimorar seus modelos mentais ao longo das atividades.

O acesso ao nível submicroscópico foi especialmente importante para que os estudantes pudessem expressar com maior precisão, ao visualizar fenômenos como a corrosão do ferro em nível submicroscópico, os estudantes foram capazes de representar de maneira mais detalhada e coerente os processos de oxidação e redução abordados sob diferentes perspectivas ao longo de todos os encontros.

A modelagem, além disso, teve destaque como uma prática central não só para o entendimento dos fenômenos em questão, mas também para promover uma visão mais crítica e reflexiva sobre a natureza da Ciência. Ao longo das atividades, os estudantes tiveram a oportunidade de construir, revisar e aperfeiçoar seus modelos, o que reflete a natureza da ciência como um empreendimento em constante desenvolvimento.

Outro ponto central foi o desenvolvimento de habilidades científicas observadas ao longo das atividades de modelagem. Essa pesquisa coletou evidências de que os estudantes não só melhoraram sua compreensão conceitual, mas também desenvolveram habilidades como argumentação, pensamento crítico e trabalho em grupo. Essas habilidades são essenciais para o aprendizado de ciências, uma vez que a ciência é tanto um processo colaborativo quanto argumentativo.

O processo de construção de modelos, seguido de discussões, testes e revisões coletivas, incentivou os estudantes a justificarem suas escolhas e a se engajarem em debates científicos, fortalecendo suas habilidades de argumentação e raciocínio crítico. Além disso, o trabalho em grupo permitiu que os estudantes compartilhassem diferentes perspectivas, enriquecendo a construção dos modelos e reforçando a percepção de que a ciência é uma prática coletiva.

Por fim, é importante destacar que grande parte dos modelos propostos pelos estudantes foram considerados parcialmente coerentes ou coerentes, de acordo com os critérios estabelecidos no apêndice 20. Essa coerência está fortemente associada à presença de um modelo bem estruturado na mente dos estudantes, que demonstram que a clareza conceitual é fundamental para a construção de modelos mentais precisos.

Aqueles estudantes que já possuíam uma compreensão sólida sobre o conteúdo de oxirredução conseguiram expressar seus modelos com maior clareza e consistência. Entretanto, é igualmente relevante mencionar que aqueles que não tinham inicialmente uma compreensão bem desenvolvida tiveram a oportunidade de reformular seus modelos

ao longo dos encontros, o que mostra o potencial das atividades de modelagem para promover a aprendizagem contínua e reflexiva.

Todas essas evidências só puderam ser discutidas e analisadas a partir da escolha assertiva de instrumentos de coleta de dados que fossem capazes de capturar os processos cognitivos e conceituais complexos envolvidos na elaboração de modelos mentais pelos estudantes.

Para garantir que os resultados obtidos fossem precisos e refletissem a realidade da aprendizagem, foi crucial o uso de diferentes instrumentos que permitissem uma coleta ampla e diversificada de dados, com o uso especialmente da folha de atividades e o grupo focal, que desempenharam papéis centrais na obtenção de informações detalhadas sobre os modelos mentais dos alunos e suas reflexões durante as atividades experimentais.

Na folha de atividades, os estudantes tiveram a oportunidade de expressar seus modelos mentais, ela foi uma ferramenta valiosa, pois possibilitou o registro de suas representações de maneira direta e visual. Considerar instrumentos que envolvem a externalização do conhecimento, como diagramas e esquemas, são fundamentais para que os estudantes possam organizar seus pensamentos e representar suas ideias de forma estruturada.

No caso desta pesquisa, as folhas de atividades foram essenciais para captar os modelos iniciais dos estudantes e suas modificações ao longo das atividades. Através dessa ferramenta, foi possível observar como os estudantes transitaram entre os níveis representacionais, e como esses níveis se integraram em seus modelos mentais à medida que participavam das atividades experimentais e interagiam com os conceitos de oxirredução.

Entretanto, as folhas de atividades, por mais que ofereçam uma visão detalhada do que os estudantes conseguiram expressar visualmente, não foram capazes, por si só, de capturar toda a complexidade dos processos cognitivos envolvidos. Nesse sentido, o grupo focal, utilizado como uma estratégia complementar, desempenhou um papel crucial para enriquecer a análise dos dados.

O grupo focal permitiu que os estudantes refletissem coletivamente sobre suas experiências e verbalizassem aspectos de seus modelos mentais que não foram explicitamente expressos nas folhas de atividades. Os grupos focais são especialmente

úteis em pesquisas educacionais para captar nuances e detalhes que podem ser perdidos em instrumentos mais tradicionais, como questionários ou avaliações escritas.

No contexto dessa pesquisa, as discussões do grupo focal revelaram reflexões profundas e proporcionaram informações adicionais sobre as dificuldades, os avanços e as percepções dos estudantes em relação ao processo de modelagem. As falas dos estudantes durante o grupo focal trouxeram à tona aspectos fundamentais que não foram completamente observados durante os encontros práticos.

A interação entre os alunos e suas reflexões em grupo permitiram uma compreensão mais ampla de como a modelagem influenciou seu entendimento dos conceitos de oxirredução. Como mencionado anteriormente, a Ciência é um processo dinâmico de construção de conhecimento, e o grupo focal evidenciou como os estudantes vivenciaram esse processo de maneira colaborativa e reflexiva.

As discussões proporcionaram uma oportunidade para que os estudantes compartilhassem suas percepções individuais, mas também para que confrontassem suas ideias com as dos colegas, gerando um ambiente de construção coletiva do conhecimento. Essa troca de ideias em um ambiente de diálogo aberto foi vital para compreender o papel da modelagem no desenvolvimento de suas capacidades de argumentação, reflexão crítica e integração de conceitos.

Além disso, a análise das falas dos estudantes no grupo focal revelou a importância da etapa de teste para o refinamento de seus modelos mentais. Durante essas discussões, ficou evidente que muitos estudantes reformularam suas representações com base nas contribuições de seus pares e nas reflexões coletivas. No grupo focal, os estudantes não apenas expressaram suas ideias, mas também refletiram criticamente sobre o processo de modelagem e o papel que essa estratégia desempenhou em sua compreensão dos fenômenos estudados.

Portanto, é possível concluir que a combinação de instrumentos como a folha de atividades e o grupo focal foi essencial para captar uma visão mais abrangente e detalhada do impacto das atividades de modelagem na aprendizagem dos estudantes. A folha de atividades forneceu evidências visuais e concretas dos modelos mentais em desenvolvimento, enquanto o grupo focal ofereceu uma camada adicional de análise, permitindo que os estudantes verbalizassem e refletissem sobre aspectos que não estavam necessariamente explícitos em suas representações iniciais.

Através dessa combinação de instrumentos, foi possível não apenas observar os resultados da aprendizagem, mas também compreender o processo pelo qual esses resultados foram alcançados, reforçando a importância da modelagem como uma estratégia de ensino que promove a reflexão, a colaboração e o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais, além de favorecer o acesso e transição entre os três níveis representacionais.

Para finalizar as considerações, é crucial destacar a relevância dessa pesquisa no campo do ensino de Ciências, especialmente no ensino de Química por meio de atividades experimentais e do uso da modelagem. Esta pesquisa oferece contribuições significativas ao explorar como a utilização de atividades de modelagem mediadas pelo microscópio USB, podem influenciar diretamente a aprendizagem de conceitos complexos, como o de oxirredução.

Ao demonstrar a importância da integração de diferentes níveis representacionais e a forma como os estudantes constroem e refinam seus modelos mentais ao longo das atividades, o estudo abre novas possibilidades para práticas pedagógicas mais efetivas, que buscam uma conexão direta entre teoria e prática, levando em consideração o contexto dos estudantes.

A pesquisa também lança luz sobre o potencial transformador das atividades de modelagem no desenvolvimento de habilidades científicas, como o pensamento crítico, a argumentação e a colaboração em grupo. Através da análise dos modelos mentais e das reflexões coletadas no grupo focal, foi possível identificar que os estudantes não apenas evoluíram em sua compreensão dos conceitos científicos, mas também conseguiram se ver como participantes ativos no processo de construção do conhecimento científico.

No que tange aos futuros desdobramentos, esta pesquisa abre caminho para investigações adicionais sobre o impacto de diferentes ferramentas tecnológicas no ensino de Química. Estudos futuros poderiam explorar o uso de outras tecnologias emergentes que facilitassem a visualização de especificações microscópicas, ampliando a compreensão dos estudantes sobre conceitos abstratos. Além disso, seria pertinente aprofundar a investigação sobre como a modelagem pode ser integrada em diferentes áreas do currículo escolar, promovendo uma abordagem interdisciplinar que reflete a natureza integrada do conhecimento científico.

Outra perspectiva promissora para pesquisas futuras é a análise longitudinal do impacto da modelagem no desenvolvimento das habilidades científicas dos estudantes. Investigar como essas habilidades evoluem ao longo do tempo e em diferentes contextos educacionais poderia fornecer uma percepção valiosa para a elaboração de práticas pedagógicas mais eficazes.

Em suma, esta pesquisa contribuiu significativamente para o campo da educação em Química, evidenciando que a integração de atividades experimentais de modelagem e o uso de instrumentos de coleta de dados adequados potencializam a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Ao destacar a importância de estratégias de ensino que valorizem a construção ativa do conhecimento e a contextualização dos conteúdos, o estudo reforça a necessidade de práticas educacionais que preparem os estudantes para compreender e atuar no mundo de maneira crítica e informada.

REFERÊNCIAS

- ACHER, Andrés; ARCÀ, María; SANMARTÍ, Neus. Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. **Science education**, v. 91, n. 3, p. 398-418, 2007.
- ALLCHIN, Douglas; ANDERSEN, Hanne Møller; NIELSEN, Keld. Complementary approaches to teaching nature of science: Integrating student inquiry, historical cases, and contemporary cases in classroom practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 461-486, 2014.
- AMARAL, L.O.F.; SILVA, A.C. Trabalho Prático: Concepções de Professores sobre as Aulas Experimentais nas Disciplinas de Química Geral. **Cadernos de Avaliação**, Belo Horizonte, v.1, n.3, p. 130-140. 2000.
- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Papirus Editora, 2014.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2006.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.
- BARAB, Sasha A; HAY, Kenneth E.; BARNETT, Michael; KEATING, Thomas. Virtual solar system project: Building understanding through model building. **Journal of Research in Science Teaching**: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, v. 37, n. 7, p. 719-756, 2000.
- BARCELOS, Amanda Souza. **Integração da aprendizagem baseada em problemas com o ensino fundamentado em modelagem**: um estudo de caso sobre as ações discursivas de uma professora de Química. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.
- BARRETO, Barbara SJ; BATISTA, Carlos H.; CRUZ, Maria Clara P. Células eletroquímicas, cotidiano e concepções dos educandos. **Química Nova na Escola**, v 39, p. 1964, 2017.
- BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ª Edição. São Paulo, 2007.
- BATISTA, Emanuel Agerdeilson Ferreira. **Ensino presencial, ensino remoto e ensino híbrido: como o professor continuou sendo professor de Biologia**. 2022. 25 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- BECKER, Fernando. O que é construtivismo? **Revista de Educação**. v. 21, n. 83, p. 7-15, 1992.
- BIZZO, Nélcio. **Ciências: fácil ou difícil?**. São Paulo: Biruta, 2009.
- BOGDAN, Robert. C.; BIKLEN, Sari. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORGES, Antônio. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 19 (3), p. 291-313, 2002. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166013>.
- BUENO, Lígia; MOREIRA, Kátia de Cássia; SOARES, Marília; DANTAS, Denise; WIEZZEL, Andréia; TEIXEIRA, Marcos. O ensino de Química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas. **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente**, p. 34, 2008.

BUTY, Christian; MORTIMER, Eduardo F. Dialogic/authoritative discourse and modelling in a high school teaching sequence on optics. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 12, p. 1635-1660, 2008.

CAMPBELL, Donald T.; FISKE, Donald W. Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. **Psychological bulletin**, v. 56, n. 2, p. 81, 1959.

CARTWRIGHT, Nancy. Models: The Blueprints for Laws. **Philosophy of Science**, v. 64, n. Supplement, p. S292-S303, 1997.

CASTRO, Bruna Jamila; CAROZA, Priscila. Contribuições de um jogo didático para o processo de ensino e aprendizagem de química no ensino fundamental segundo o contexto da aprendizagem significativa. **Revista Eletrônica de Investigación en Educación en Ciencias**. p.1-13, 2011.

CENTRO DE MÍDIAS DE EDUCAÇÃO DO AMAZONAS (CEMEAM). Projeto Fazer para Aprender. *Saber Mais - Governo do Estado do Amazonas*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sabermas.am.gov.br/pagina/projeto-fazer-para-aprender-1>. Acesso em: 21 dez 2024.

CLEMENT, John J. Creative Model Construction in Scientists and Students: the role of imagery, analogy, and mental simulation. 1. ed. Dordrecht: **Springer**, 2008a. 602 p.

CLEMENT, John J. Model Based Learning and Instruction in Science. In: CLEMENT, John J.; REA-RAMIREZ, Mary Anne. Model Based Learning and Instruction in Science. 1. ed. Dordrecht: **Springer**, 2008b. p. 1-9.

COLL, Richard K.; FRANCE, Bev; TAYLOR, Ian. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002

Denzin, N. K. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods** (2nd ed.). New York, NY: McGraw Hill, 1978.

DOWNEY, H. Kirk; IRELAND, R. Duane. Quantitative versus qualitative: Environmental assessment in organizational studies. **Administrative Science Quarterly**, v. 24, n. 4, p. 630-637, 1979.

DUSCHL, Richard A.; GRANDY, Richard. Two views about explicitly teaching nature of science. **Science & Education**, v. 22, p. 2109-2139, 2013.

FARIAS, Cristiane Sampaio; BASAGLIA, Andréia M.; ZIMMERMANN, Alberto. A importância das atividades experimentais no Ensino de Química. In: **I Congresso Paranaense de Educação Química**. 2009, Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2009.

FERNANDES, Bruno Gumieri; LOCATELLI, Solange Wagner. Acesso e Transição nos Níveis Representacionais durante a Construção de Modelos Explicativos acerca de Interações Intermoleculares. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e20017-29, 2021.

FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 28, p. 32-36, 2008.

FRASER, Márcia Tourinho Dantas; GONDIM, Sônia Maria Guedes. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 14, p. 139-152, 2004.

GALAVOTTI, Joana Souza Oliveira. **O Ensino da Teoria do Orbital Molecular em moléculas diatômicas: uma proposta para o Ensino Superior**. 2024. 209 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2024.

GENTNER, Dedré; STEVENS, Albert L. (Ed.). **Mental Models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GIBIN, Gustavo Bizarria. **Modelagem**. In: CONTÉM Química 3, ANTUNES, Ettore Paredes; FERREIRA, Luiz Henrique. Metodologias e estratégias de Ensino. 3. ed. São Carlos: Sináptica, 2020. cap. 3.2, p. 114-126. ISBN 978-65-00-13164-2.

GIERE, R. N. Using Models to Represent Reality. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Ed.). **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum, 1999. p. 41-57.

GIL, Antonio Carlos *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n. 2, 2004, p. 115-130.

GILBERT, J. K.; OSBORNE, R. J.; FENSHAM, P. J. Children's science and its consequences for teaching. **Science Education**, v. 72, n. 1, p. 49-60, 1988.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Developing models in science education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (org.). Developing models in science education. Dordrecht: **Springer**, 2000.

GILBERT, John K. On the nature of "context" in chemical education. **International journal of science education**, v. 28, n. 9, p. 957-976, 2006.

GILBERT, John K.; JUSTI, Rosária. Modelling-based teaching in science education. Basel, Switzerland: **Springer international publishing**, 2016.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOLAFSHANI, Nahid. Compreender a confiabilidade e a validade na pesquisa qualitativa. **O relatório qualitativo**, v. 8, n. 4, p. 597-607, 2003.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

GUION, L. A.; DIEHL, D. C.; McDONALD, D. Triangulation: Establishing the validity of qualitative studies. Gainesville: **University of Florida**, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250251819_Triangulation_Establishing_the_VValidity_of_Qualitative_Studies1.

HALLOUN, Ibrahim. Schematic modeling for meaningful learning of physics. **Journal of Research in Science Teaching**: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, 1996.

HODSON, Derek. Hacia Un Enfoque Más Crítico Del Trabajo DE Laboratorio. **Enseñanzas de Las Ciencias**, v.12, n.3. p.299-313, 1994.

HOLANDA, Gerda de Souza; DE FARIAS, Isabel Maria Sabino. Estratégia da triangulação: uma incursão conceitual. **Atos de Pesquisa em Educação**, v. 15, n. 4, p. 1150-1166, 2020.

JANESICK, Valerie J. The dance of qualitative research design: metaphor, methodolatry, and meaning. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. (Eds.). **Handbook of qualitative research**. 1st ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 1994. p. 209-219.

JESUS, Aline Samara Lima de; RIOS, Emerson Costa; KASSEBOEHMER, Ana Cláudia; ANTUNES, Ettore Paredes. Microscópio usb de baixo custo no laboratório didático de eletroquímica: dois experimentos clássicos sob um novo (micro) olhar. **Química Nova**, v. 48, n. 2, p. e-20250073, 2025.

JOHNSON-LAIRD, Philip Nicholas. **Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Harvard University Press, 1983.

- JOHNSTONE, A. H. Why is Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75–83, 1991.
- JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of chemical education**, v. 70, n. 9, p. 701, 1993.
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.
- JOHNTONE, Alex. The future shape of chemistry education. **Chemistry Education: research and practice**, v.5, n.3, 2004.
- JOHNSTONE, Alex H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry education research and practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.
- JUSTI, Rosária S.; GILBERT, John K. Modelagem, visão dos professores sobre a natureza da modelagem e implicações para a formação de modeladores. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, pág. 369-387, 2002.
- JUSTI, Rosária. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, 2006.
- JUSTI, R. S. **Modelos e Modelagem no Ensino de Química**: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (org.). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2011. p. 209-230.
- JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 31-48, 2015.
- JUSTI, Rosária; GILBERT, John Kenward; FERREIRA, Poliana Flávia, MAIA. The application of a ‘model of modelling’ to illustrate the importance of metavisualisation in respect of the three types of representation. In: *Multiple Representations in Chemical Education*. **Springer**, Dordrecht, 2009. p. 285-307.
- JUSTI, Rosária; MARTINS, Marina; SANTOS, Monique; PIMENTA, Laura. Elaboração de atividades de modelagem visando o desenvolvimento de habilidades argumentativas. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 4281-4286, 2017
- KOVALICZN, R. A. O professor de Ciências e de Biologia frente às parasitoses comuns em escolares. 1999. **Dissertação** (Mestrado em Educação) — Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 1999. p. 19-22.
- LEAL, M. C. **Didática da Química**: fundamentos e práticas para o Ensino Médio. Belo Horizonte: Dimensão, 2009. 120 p.
- LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.
- LIMA, José Ossian Gadelha. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 12, n. 136, p. 95-101, 2012.
- LISBÔA, Julio Cezar Foschini. QNEsc e a seção experimentação no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 198-202, 2015
- MAIA, Poliana Flavia; JUSTI, Rosaria. Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 5, p. 603-630, 2009.
- MAIA, Poliana; JUSTI, Rosária. Conhecimentos de professores sobre Natureza da Ciência em contextos de modelagem: contribuições de atividades formativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 520-545, 2020.

- MAIATO, Alexandra Moraes. **Neurociências e aprendizagem: o papel da experimentação no ensino de ciências**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Universidade do Rio Grande, 2013.
- MARÇAL, Elaine de Oliveira. **A experimentação no ensino da eletroquímica**: abordagens, potencialidades e desafios para uma aprendizagem significativa. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) Universidade Federal de Viçosa, 2023.
- MARCONDES, Nilsen Aparecida Vieira; BRISOLA, Elisa Maria Andrade. Análise por triangulação de métodos: um referencial para pesquisas qualitativas. **Revista Univap**, v. 20, n. 35, p. 201-208, 2014.
- MARTINS, Marina Rodrigues. **Elaboração e aplicação de uma ferramenta para análise do diálogo em sala de aula**: um estudo em atividades de ensino fundamentado em modelagem nos contextos cotidiano, científico e sociocientífico. 2020. Tese (Doutorado em Educação) Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.
- Medeiros, C. E., Rodriguez, R. C. M. C., e Silveira, D. N. (2016). **Ensino de Química**: superando obstáculos epistemológicos. Curitiba: Appris.
- MEDELLIN, Liz Patricia Suarez. Incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales, “Descripción de una experiencia. **Bio-grafía**, p. 12.20-12.20, 2011.
- MELO, Marlene Rios; NETO, EG de L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.
- MELO, Mayara Soares de; SILVA, Roberto Ribeiro da. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019.
- MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso; JUSTI, Rosária. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem–Parte I. **Educación Química**, v. 20, p. 282-293, 2009.
- MENDONÇA, Paula. Cristina Cardoso. De que Conhecimento sobre Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 26, 2020.
- MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso; JUSTI, Rosária. The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. **International Journal of Science Education**, London, v. 35, n. 14, p. 2407- 2434. 2013.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. In: O desafio do conhecimento: **pesquisa qualitativa em saúde**. 1992. p. 269-269.
- MIOTTO, Haline; GONÇALVES, Raul Calixto; CASTRO, Luis Roberval Bortoluzzi. O uso de microscópio eletrônico econômico para o ensino de biologia. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 1, 2019.
- MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, v. 224, 2011.
- MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentais. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 1, n. 3 (dez. 1996), p. 193-232, 1996.
- MORGAN, David L. Focus groups as qualitative research. 2nd ed. London: Sage, 1997. **Qualitative research methods**, v. 16). 80p.
- MORGAN, Mary S.; MORRISON, Margaret. **Models as Mediators**: Perspectives on Natural and Social Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **Quim. Nova**, v. 32, p. 273-277, 2000.

- MOZZER, Nilmara Braga; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem analógica no ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, p. 155 -182, 2018.
- MOZZER, Nilmara Braga; JUSTI, Rosária. Science teachers' analogical reasoning. **Research in Science Education**, v. 43, p. 1689-1713, 2013.
- NASCIMENTO, S. S.; VENTURA, P. C. Física e Química: uma avaliação do ensino. **Presença Pedagógica**, v. 9, n. 49, 2003.
- NERSESSIAN, Nancy J. How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. **Cognitive models of science**, v. 15, p. 3-44, 1992.
- NERSESSIAN, Nancy J. Model-based reasoning in conceptual change. In: Model-based reasoning in scientific discovery. **Springer**, Boston, MA, 1999. p. 5-22.
- NÓBREGA, Danielly de Souza; GALEGO, João Predo Crevonis; DE CAIRES, Letícia Rinaldi. Pandemia Covid-19, e agora? desafios e estratégias de residentes no ensino remoto de Química. **Cadernos de Pós-graduação**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 88–105, 2023.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1984.
- OLIVEIRA, Daniela Kênia B. S.; JUSTI, Rosária; MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso. The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. **International Journal of Science Education**, London, v. 37, n. 9, p. 1402-1435, 2015.
- OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.
- OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2012
- OLIVEIRA, Leandro; JUSTI, Rosária. Developmental paths of teacher professional knowledge in modeling-based teaching: analysis from a longitudinal socio-historical perspective. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 29, n. 1, p. 172-197, 2024.
- OSBORNE, Jonathan. Educação científica para o século XXI. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 3, n. 3, pág. 173-184, 2007.
- PINTÓ, R.; ALIBERAS, J.; GÓMEZ, R. Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, p. 221-232, 1996.
- SANJUAN, Maria Eugênia Cavalcante *et al.* Maresia: uma proposta para o ensino de eletroQuímica. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.
- SANTOS, Lucelia Rodrigues; DE MENEZES, Jorge Almeida. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 180-207, 2020.
- SANTOS, Monique Aline Ribeiro. **Compreendendo visões de estudantes sobre ciências e suas relações com o ensino fundamentado em modelagem em contextos cotidiano, científico e sociocientífico**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- SANTOS, Wildson LP; MORTIMER, Eduardo Fleury. A dimensão social do ensino de química—um estudo exploratório da visão de professores. **Anais do II ENPEC—Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos/Porto Alegre: ABRAPEC, CD-ROM, 1999.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Concepções e alertas sobre formação continuada de professores de Química. **Química Nova**, v. 16, p. 15-20, 2002.

SCHWARZ, C.; WHITE, B. Metamodeling knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. **Cognition and Instruction**, v. 23, n. 2, p. 165-205, 2005.

SHENTON, Andrew K. Strategies for ensuring trustworthiness in qualitative research projects. **Education for information**, v. 22, n. 2, p. 63-75, 2004.

SOUZA, Karina Aparecida de Freitas Dia; CARDOSO, Arnaldo Alves. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 27, n. 1, p. 51-56, 2008.

SOUZA, Kátia Aparecida de. **Ensino de ciências na educação básica: o papel e o espaço da Química na BNCC para a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária. Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 2, p. 385-405, 2012.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária. Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionado à energia envolvida nas transformações Químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, 2010.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária. Interlocuções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para a energia envolvida nas transformações Químicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, p. 31-46, 2011.

STAKE, R. E. Program evaluation particularly responsive evaluation. **Journal of MultiDisciplinary Evaluation**, v. 7, n. 15, p. 180-201, 2011.

SUÁREZ, Mauricio. Theories, models, and representations. In: **Model-based reasoning in scientific discovery**. Springer, Boston, MA, 1999. p. 75-83.

SUART, R. DE C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de Química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 8(2), 2011.

Taber, K. Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis, and cure. **Royal Society of Chemistry**, v.1. 2002.

TRAD, Leny A. Bomfim. Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde. **Physis: revista de saúde coletiva**, v. 19, n. 3, p. 777-796, 2009.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2006.

VOSNIADOU, Stella. Mental models in conceptual development. In: **Model-based reasoning**. Springer, Boston, MA, 2002. p. 353-368.

APÊNDICES

APÊNDICE 1: FOLHA DE ATIVIDADES 1 – ENCONTRO 1



		ATIVIDADE 1	
		CONHECENDO A MODELAGEM	
NOME		Data	
1) Cite alguns exemplos de modelos que você conhece: a) Modelos em geral b) Modelos em Ciências			
2) Como você acha que é elaborado um modelo na Ciência?			



		ATIVIDADE 1	
		CONHECENDO A MODELAGEM	
Nome		Data	
1) Represente, no espaço abaixo o que você entende que seja uma reação química de oxirredução, como você a vê e como ela ocorre. (individual)			
2) Após a socialização, seu modelo continua coerente? Ele sofreu alguma alteração? (Caso necessário, refaça seu modelo)			

APÊNDICE 2: FOLHA DE ATIVIDADES 2 – ENCONTRO 2



		ATIVIDADE 2	
		SE A VIDA TE DER UM LIMÃO, FAÇA UMA...?	
Nome		Data	
1) Os limões poderiam ser substituídos por outra fruta ou substância? Quais?			
2) Se você diminuir ou aumentar um limão do circuito, o experimento ainda vai funcionar? Explique.			
3) Nesse experimento, quem foi o agente oxidante e o agente redutor? Quais as evidências observadas?			



		ATIVIDADE 2	
		SE A VIDA TE DER UM LIMÃO, FAÇA UMA...?	
Nome		Data	
1) Faça um desenho que mostre como ocorreu a reação que você acabou de observar. Descreva esse modelo.			
2) Após a socialização, seu modelo continua coerente? Ele sofreu alguma alteração? (Caso necessário, refaça seu modelo)			

APÊNDICE 3: FOLHA DE ATIVIDADES 3 – ENCONTRO 3



		ATIVIDADE 3	
		COMO EVITAR A OXIDAÇÃO DO FERRO?	
Nome		Data	
1) Você consegue identificar algum fenômeno de oxirredução no seu dia a dia? em quais momentos?			
2) Como você vê o processo de formação de ferrugem? faça uma representação.			
3) Qual a importância de proteger os objetos compostos pelo ferro?			



ATIVIDADE 3

COMO EVITAR A OXIDAÇÃO DO FERRO?

Nome

Data

1) Escolha um dos experimentos feitos e represente seu resultado através de um modelo (desenho), evidenciando os efeitos da reação naquela placa. Após a construção do modelo, **descreva como ele explica a ocorrência da reação química.**

APÊNDICE 4: FOLHA DE ATIVIDADES 4 – ENCONTRO 4



		ATIVIDADE 4	
		PORQUE AS FRUTAS ESCURECEM?	
Nome		Data	
1) Você já se deparou com esse fenômeno alguma vez? O que fez para prevenir o escurecimento das frutas?			
2) Faça uma representação dos efeitos da ação do antioxidante na fruta escolhida pelo seu grupo.			



ATIVIDADE 4	
PORQUE AS FRUTAS ESCURECEM?	
Nome	Data
1) Escolha um dos experimentos feitos e represente seu resultado através de um modelo (desenho) , evidenciando os efeitos da reação naquela fruta. Após a construção do modelo, descreva como ele explica a ocorrência da reação química.	
2) Após a socialização, seu modelo continua coerente? Ele sofreu alguma alteração? (Caso necessário, refaça seu modelo)	

APÊNDICE 5: FOLHA DE ATIVIDADES 5 – ENCONTRO 5



ATIVIDADE 5

QUAL A RELAÇÃO ENTRE COMBUSTÃO E OXIDAÇÃO?

Nome

Data

1) Escreva ou desenhe no espaço abaixo o que você entende que seja uma reação química de combustão e como ela ocorre.

2) A partir do experimento realizado, de que forma você associa a combustão a uma reação de oxidação?



ATIVIDADE 5

QUAL A RELAÇÃO ENTRE COMBUSTÃO E OXIDAÇÃO?

Nome

Data

1) Construa um modelo que mostre como ocorre a reação química apresentada e evidenciada pelo experimento. Após a construção do modelo, descreva como ele explica a ocorrência da reação química.

2) Após a socialização, seu modelo continua coerente? Ele sofreu alguma alteração? (Caso necessário, refaça seu modelo)



DIA 1

VERSÃO MEDIADOR



ATIVIDADES: 1 E 2

DATA:

QTD DE ALUNOS:

CONHECENDO A MODELAGEM

FOCO DA ATIVIDADE

Fazer uma introdução a modelagem e conhecer as principais formas de expressar os modelos mentais

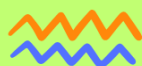
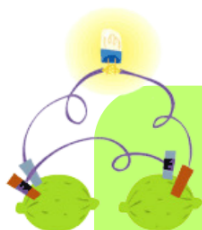
MATERIAIS NECESSÁRIOS

Lápis de cor, hidrocor, pincel, tinta, barbante, massa de modelar, bolas de isopor, sementes, palitos de madeira, cola, tesoura, microscópios USB, notebook e projetor.

PASSOS DA ATIVIDADE

- Apresentar o ensino fundamentado em modelagem;
- Mostrar as principais formas de expressar os MM;
- Apresentar o microscópio USB e como funciona;
- Responder as questões 1, 2 e 3 da **atividade 1** (individual);
- Responder a questão 1 da **atividade 2** (individual);
- Formar grupos de 4–5 alunos para socializar os modelos;
- Escolher o modelo mais adequado do grupo;
- Socializar com a turma o modelo escolhido pelo grupo, descrevendo suas características e relações com a reação.
- Responder a questão 2 da **atividade 2** (individual).





DIA 2

VERSÃO MEDIADOR



ATIVIDADES: 3 E 4

DATA:

QTD DE ALUNOS:

SE A VIDA TE DER UM LIMÃO, FAÇA UMA...

FOCO DA ATIVIDADE

Fazer a revisão do conteúdo por meio do experimento (piha de limão) e trabalhar as etapas do EFM em oxirredução.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

Lápis de cor, hidrocor, pincel, tinta, barbante, massa de modelar, bolas de isopor, sementes, palitos de madeira, cola, tesoura, limão, placa de cobre, placa de zinco, estilete, garras (tipo jacaré), fio de energia, notebook e projetor.

PASSOS DA ATIVIDADE

- Apresentar o material do experimento;
- Montar grupos de 4–5 alunos para executar o experimento;
- Responder as questões 1, 2 e 3 da **atividade 3** (individual);
- Responder a questão 1 da **atividade 3** (individual);
- Com o mesmo grupo, socializar os modelos;
- Escolher o modelo mais adequado do grupo;
- Socializar com a turma o modelo escolhido pelo grupo, descrevendo suas características e relações com a reação.
- Responder a questão 2 da **atividade 4** (individual).

(só usar o microscópio USB se os alunos tiverem curiosidade em fazer a observação)





DIA 3

VERSÃO MEDIADOR



ATIVIDADES: 5 E 6

DATA:

QTD DE ALUNOS:

COMO EVITAR A OXIDAÇÃO DO FERRO?

FOCO DA ATIVIDADE

Promover a oxidação do ferro em diferentes soluções, problematizando a questão da ferrugem nas embarcações da região.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

Lápis de cor, hidrocor, pincel, tinta, barbante, massa de modelar, bolas de isopor, sementes, palitos de madeira, cola, tesoura, microscópios USB, placa de cobre, placa de zinco, água, sal de cozinha, vinagre, água sanitária, notebook e projetor.

PASSOS DA ATIVIDADE

- Apresentar o material do experimento;
- Montar grupos de 4–5 alunos para executar o experimento;
- Indicar o uso do microscópio USB;
- Responder as questões 1, 2 e 3 da **atividade 5** (individual);
- Responder a questão 1 da **atividade 6** (individual);
- Com o mesmo grupo, socializar os modelos;
- Escolher o modelo mais adequado do grupo;
- Socializar com a turma o modelo escolhido pelo grupo, descrevendo suas características e relações com a reação.
- Responder a questão 2 da **atividade 6** (individual).





DIA 4

VERSÃO MEDIADOR



ATIVIDADES: 7 E 8

DATA:

QTD DE ALUNOS:

PORQUE AS FRUTAS ESCURECEM?

FOCO DA ATIVIDADE

Apresentar as mesmas reações em um novo contexto, ajustar ou refazer os MM anteriores.

MATERIAIS NECESSÁRIOS

Lápis de cor, hidrocor, pincel, tinta, barbante, massa de modelar, bolas de isopor, sementes, palitos de madeira, cola, tesoura, microscópios USB, maçã, banana, pêra, limão, notebook e projetor.

PASSOS DA ATIVIDADE

- Apresentar o material do experimento;
- Montar grupos de 4–5 alunos para executar o experimento;
- Indicar o uso do microscópio USB;
- Responder as questões 1 e 2 da **atividade 7** (individual);
- Responder a questão 1 da **atividade 8** (individual);
- Com o mesmo grupo, socializar os modelos;
- Escolher o modelo mais adequado do grupo;
- Socializar com a turma o modelo escolhido pelo grupo, descrevendo suas características e relações com a reação.
- Responder a questão 2 da **atividade 8** (individual).





DIA 5

VERSÃO MEDIADOR



ATIVIDADES: 9 E 10

DATA:

QTD DE ALUNOS:

QUAL A RELAÇÃO ENTRE COMBUSTÃO E OXIDAÇÃO?

FOCO DA ATIVIDADE

Relacionar as reações da combustão com a oxidação, ajustar ou refazer os MM anteriores.

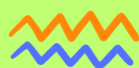
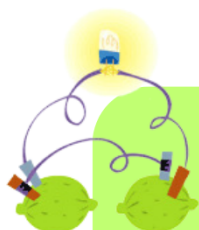
MATERIAIS NECESSÁRIOS

Lápis de cor, hidrocor, pincel, tinta, barbante, massa de modelar, bolas de isopor, sementes, palitos de madeira, cola, tesoura, microscópios USB, palha de aço, balança de cozinha, fósforo, notebook e projetor.

PASSOS DA ATIVIDADE

- Apresentar o material do experimento;
- Montar grupos de 4–5 alunos para executar o experimento;
- Indicar o uso do microscópio USB;
- Responder as questões 1 e 2 da **atividade 9** (individual);
- Responder a questão 1 da **atividade 10** (individual);
- Com o mesmo grupo, socializar os modelos;
- Escolher o modelo mais adequado do grupo;
- Socializar com a turma o modelo escolhido pelo grupo, descrevendo suas características e relações com a reação.
- Responder a questão 2 da **atividade 10** (individual).





DIA 2

ROTEIRO EXPERIMENTAL



ATIVIDADES: 3 E 4

DATA:

QTD DE ALUNOS:

SE A VIDA TE DER UM LIMÃO, FAÇA UMA...

MATERIAIS NECESSÁRIOS

6 limões grandes; 6 Placa de cobre; 6 Placa de zinco; Estilete; 12 Garras (tipo jacaré); 6 pedaços de fio elétrico*; Lampadas de Led; Papel toalha.

PROPOSTA DE ROTEIRO

- Role os limões sobre a mesa, fazendo pressão por um minuto;
- Faça dois pequenos cortes na casca do limão e enfie em cada um a placa de cobre e a placa de zinco (os metais não devem se tocar);
- Monte um circuito conectando os fios com as garras de jacaré em cada uma das placas;
- A outra extremidade de cada um dos dois fios deve ser ligada à lâmpada de LED;
- Observe a lâmpada se acender. Se tiver voltímetro, use para mostrar quanto de corrente elétrica está sendo produzido.
- Faça testes com mais e menos limões.

As placas de cobre podem ser substituídas por um pedaço de fio de cobre e as placas de zinco por pregos galvanizados





DIA 3

ROTEIRO EXPERIMENTAL



ATIVIDADES: 5 E 6

DATA:

QTD DE ALUNOS:

COMO EVITAR A OXIDAÇÃO DO FERRO?

MATERIAIS NECESSÁRIOS

4 Placas de cobre, 4 placa de zinco, água, sal de cozinha, vinagre, água sanitária, lixa d'água, papel toalha, papel, caneta, microscópio USB, notebook e projetor.

PROPOSTA DE ROTEIRO

- Lixe a superfície das lâminas de aço e limpe imediatamente com papel toalha ;
- Visualize com o microscópio as características da superfície do aço lixada e limpa;
- Pingue 2 gotas de cada solução em cada uma das quatro lâminas;
- Não esqueça de identificar as placas;
- Durante a reação, observe atentamente qualquer alteração morfológica na superfície da placa o auxílio do microscópio.
- Com o auxílio de papel toalha, seque cuidadosamente a superfície das placas e então faça a visualização com o microscópio novamente, comparando as características com a situação inicial.





DIA 4

ROTEIRO EXPERIMENTAL



ATIVIDADES: 7 E 8

DATA:

QTD DE ALUNOS:

PORQUE AS FRUTAS ESCURECEM?

MATERIAIS NECESSÁRIOS

Maça, banana, pêra, limão, batata*, estilete, microscópio USB, notebook e projetor

PROPOSTA DE ROTEIRO

- Separe cada tipo de fruta em pratos separados;
- Tire duas fatias de cada fruta escolhida;
- Reserve e identifique uma das fatias;
- Mergulhe a outra fatia em suco de limão ou vinagre;
- Observe as fatias com o microscópio USB;
- Aguarde alguns minutos e faça a visualização com o microscópio novamente, comparando as características com a situação inicial.

*As frutas e verduras podem ser substituídas por outras.





DIA 5

ROTEIRO EXPERIMENTAL



ATIVIDADES: 9 E 10

DATA:

QTD DE ALUNOS:

QUAL A RELAÇÃO ENTRE CONBUSTÃO E OXIDAÇÃO?

MATERIAIS NECESSÁRIOS

Palha de aço, folhas de papel, balança doméstica, fósforo, pinça, placa de pretri ou vidro de relógio*, microscópio USB, notebook e projetor.

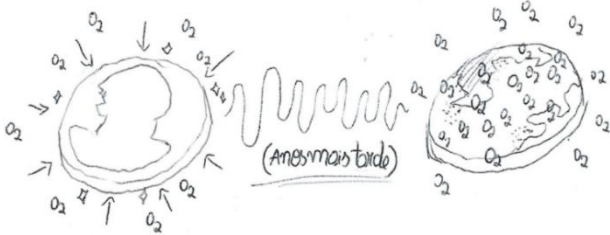
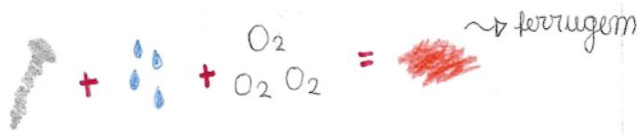
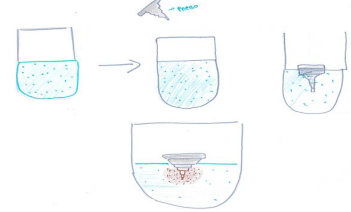
PASSOS DA ATIVIDADE

- Pesar a folha de papel em uma superfície de vidro;
- Retirar da balança e atear fogo no papel;
- Ao final da reação, pesar os resíduos do papel;
- Repetir o procedimento com a palha de aço;
- Antes de fazer a queima, observar a estrutura da palha de aço no microscópio USB;
- Ao final da reação, pesar os resíduos do papel e fazer a observação no microscópio USB.

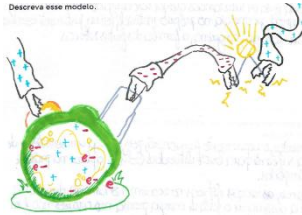
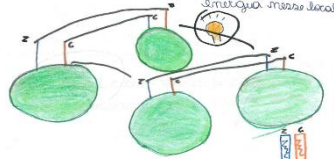
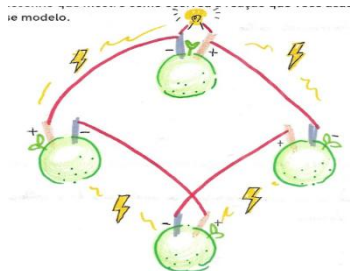
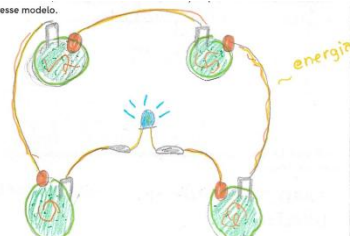
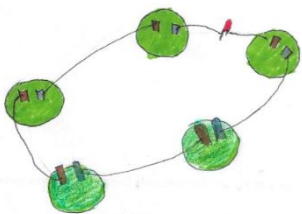
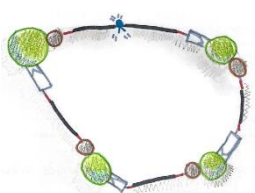
*pode ser substituído por um pires.



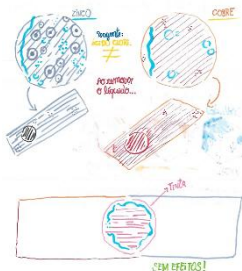
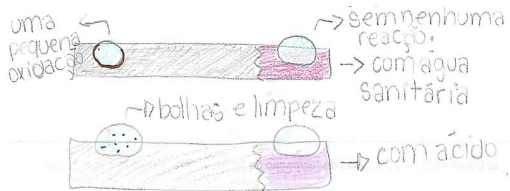
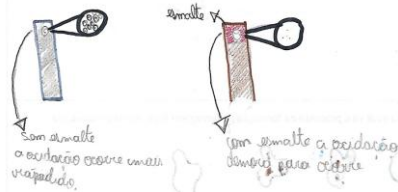
APÊNDICE 15: MODELOS EXPRESSOS NO E1

Modelos expressos no E1	Categoria
	A29G1: ADEQUADO
	A30G2: PARCIALMENTE INADEQUADO
	A03G3: ADEQUADO
	A22G4: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A04G5: PARCIALMENTE INADEQUADO
	A25G6: PARCIALMENTE INADEQUADO

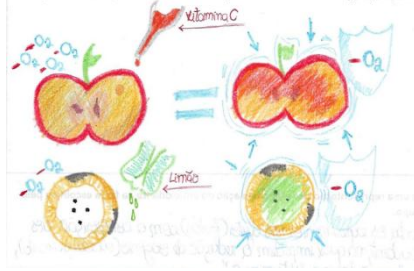
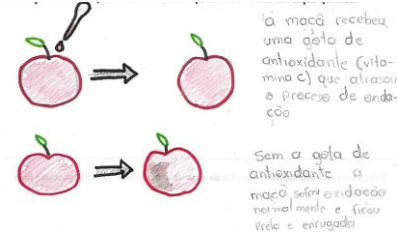
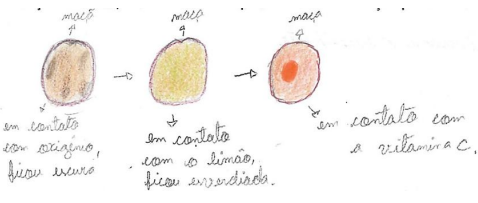
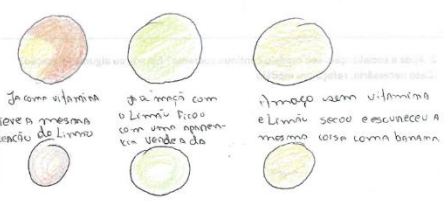
APÊNDICE 16: MODELOS EXPRESSOS NO E2

Modelos expressos no E2	Categoria
Descreva esse modelo: 	A29G1: ADEQUADO
Descreva esse modelo: Quando você junta os 4 lâmpadas assim elas acendem uma luz para ser uma para a simulação mais detalhada. 	A35G2: PARCIALMENTE INADEQUADO
Descreva esse modelo: 	A03G3: ADEQUADO
Descreva esse modelo: 	A22G4: ADEQUADO
	A15G5: PARCIALMENTE INADEQUADO
	A21G6: ADEQUADO

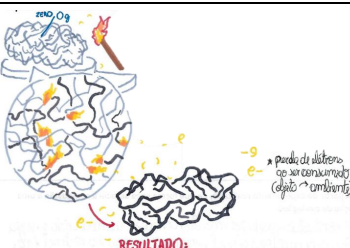
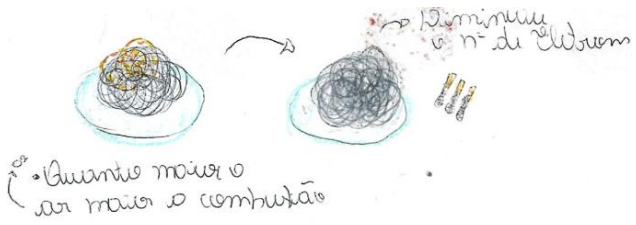
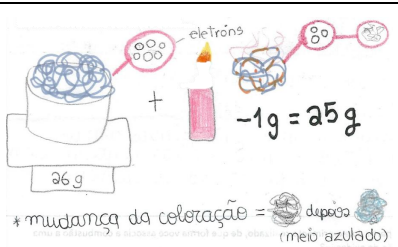
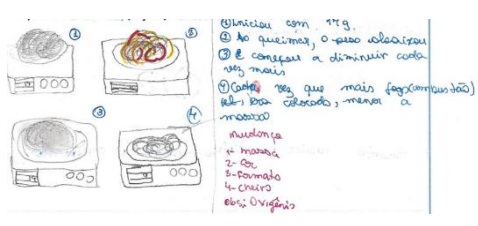
APÊNDICE 17: MODELOS EXPRESSOS NO E3

Modelos expressos no E3	Categoria
	A29G1: ADEQUADO
	A35G2: PARCIALMENTE INADEQUADO
	A01G3: ADEQUADO
	A34G4: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A15G5: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A21G6: PARCIALMENTE INADEQUADO

APÊNDICE 18: MODELOS EXPRESSOS NO E4

Modelos expressos no E4	Categoria/justificativa
	A29G1: ADEQUADO
	A10G2: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A16G3: ADEQUADO
	A22G4: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A33G5: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A25G6: PARCIALMENTE INADEQUADO

APÊNDICE 19: MODELOS EXPRESSOS NO E5

Modelos expressos no E5	Categoria/justificativa
 Resultado perda da substância para o ambiente (depois do ambiente)	A29G1: ADEQUADO
 26 gramas antes de ser queimado diminuiu 1 grama, depois da queima do material	A10G2: PARCIALMENTE ADEQUADO
 diminuiu o n° de elétrons Quanto maior o ar mais o combustível	A18G3: PARCIALMENTE ADEQUADO
 26 g eletrons -1g = 25g * mudança da coloração = depois (meio azulado)	A22G4: ADEQUADO
 ① iniciou com 26g. ② ao queimar, o peso diminuiu ③ e consequentemente diminuiu a quantidade de material ④ (depois) que mais (aproximadamente) 1g de peso, menor a mudança 1- massa 2- su 3- formado 4- chaco 5- Original	A15G5: PARCIALMENTE ADEQUADO
	A25G6: PARCIALMENTE ADEQUADO

**APÊNDICE 20: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS MODELOS MENTAIS
EXPRESSOS**

CRITÉRIOS	1 Inadequado	2 Parcialmente inadequado	3 Parcialmente adequado	4 Adequado
A. Representação Visual (Riqueza de Detalhes)	Faltam muitos detalhes visuais importantes.	Detalhes limitados, falhas pontuais	Boa quantidade de detalhes, mas com algumas omissões	Riqueza de detalhes visuais claros e completos.
B. Precisão Científica (Coerência com o objetivo da atividade)	Impreciso, com erros conceituais significativos.	Erros significativos que resultaram em confusão	Maioritariamente preciso com pequenas incoerências	Cientificamente preciso e coerente com o objetivo.
C. Integração entre Níveis Representacionais	Sem conexão clara entre os níveis representacionais.	Tentativa de conexão, mas inconsistências	Boa integração entre os níveis, pequenas lacunas	Integração clara e coerente entre os níveis representacionais.
D. Clareza na Expressão (Habilidade de Comunicar o Modelo)	Dificuldade de compreensão, pouco claro.	Confuso, difícil de entender	Relativamente claro, com ambiguidades menores	Clareza total, fácil de interpretar.
E. Criatividade e Uso de Analogias ou Metáforas	Sem uso ou aplicação inadequada de analogias/metáforas.	Analogias/metáforas confusas, pouco úteis	Algumas analogias criativas e úteis.	Uso criativo e eficaz de analogias/metáforas

APÊNDICE 21: ROTEIRO DA ENTREVISTA

Sobre a modelagem

1. Você já havia participado de atividades de construção de modelos?
2. No primeiro momento de contato com a modelagem, você conseguiu expressar um modelo coerente?
3. Quais as principais dificuldades encontradas no processo de modelagem?
4. Qual foi a forma de expressão que você mais utilizou para apresentar os seus modelos? Por que escolheu esses?
5. Quais etapas do processo de modelagem mais contribuíram para criação de um modelo coerente?
6. Durante a validação dos modelos, o que chamou mais sua atenção em relação aos modelos propostos pelos colegas?

Sobre a aprendizagem do conteúdo químico

7. Que tipo de conhecimento químico você usou para elaboração dos modelos mentais?
8. Já ter estudado o conteúdo oxirredução ajudou a elaborar e expressar seus modelos mentais?
9. Você conseguiu associar os problemas trabalhados nas folhas de atividades com situações do seu cotidiano?
10. Durante a etapa de validação, quais argumentos de Química você usou para contestar os modelos inadequados dos colegas?
11. Quais argumentos de Química você usou para defender a coerência do seu modelo?
12. Após o processo de modelagem, ficou mais fácil entender o conteúdo estudado?

Sobre o microscópio USB

13. Antes das atividades, você já teve acesso a um microscópio? Em que situação?
14. O que mais chamou sua atenção em relação às imagens captadas pelo microscópio USB?
15. A visualização microscópica ajudou de alguma forma a elaborar seus modelos mentais?
16. Qual o principal diferencial entre o encontro que não usamos o microscópio USB e os demais encontros onde ele foi utilizado?
17. As imagens captadas ajudaram a entender como aquelas reações acontecem? Explique.
18. Qual o principal ponto positivo e negativo do microscópio USB?

APÊNDICE 22: PERGUNTAS BASE PARA AS REFLEÇÕES NO GRUPO FOCAL

Sobre a modelagem

1. No formulário de conhecimentos prévios foi perguntado como vocês achavam que era o processo de construção dos modelos na Ciência, a opinião de vocês sobre isso continua igual ou não? Alguma coisa mudou?
2. Vocês já haviam participado de atividades de construção de modelos?
3. No primeiro dia, vocês conseguiram expressar os modelos mentais do jeito que queriam? Achem que isso melhorou no decorrer dos encontros?
4. Quais as principais dificuldades encontradas no processo de modelagem?
5. Durante a socialização, o que chamou mais sua atenção em relação aos modelos propostos pelos colegas? Eram diferentes ou iguais aos modelos propostos no seu grupo?

Sobre a aprendizagem do conteúdo químico

6. Que tipo de conhecimento químico vocês usaram para elaboração dos modelos?
7. Vocês conseguiram associar os problemas trabalhados nos encontros com situações do seu cotidiano? Quais?
8. Quais argumentos de Química você usou para defender a coerência do seu modelo?
9. Após o processo de modelagem, ficou mais fácil entender o conteúdo estudado?

Sobre o microscópio USB

10. Antes das atividades, você já teve acesso a um microscópio? Em que situação?
11. O que mais chamou sua atenção em relação as imagens captadas pelo microscópio USB?
12. A visualização microscópica ajudou de alguma forma a elaborar seus modelos mentais?
13. As imagens captadas ajudaram a entender como aquelas reações acontecem? Explique.
14. Qual o principal ponto positivo e negativo do microscópio USB?

Faça uma autoavaliação sobre a sua participação, o que poderia melhorar? No que você evoluiu?