

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

RAFAEL SALGADO SILVA

**TEORIA DA ATIVIDADE: REFLEXÕES SOBRE APRENDIZAGENS A
PARTIR DA EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA**

Alfenas/MG
2014

RAFAEL SALGADO SILVA

**TEORIA DA ATIVIDADE: REFLEXÕES SOBRE APRENDIZAGENS A
PARTIR DA EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Alfenas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Química Inorgânica.
Orientador: Fábio Luiz Pissetti.
Co-orientadora: Keila Bossolani Kiill

Alfenas/MG
2014

Silva, Rafael Salgado.

Teoria da atividade: reflexões sobre aprendizagens a partir da experimentação investigativa / Rafael Salgado Silva, Alfenas, MG. - 2014.

244 f. –

Orientador: Fábio Luiz Pissetti

Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.

Bibliografia.

1. Atividade – teoria. 2. Psicologia Educacional. 3. Química-Ensino. 4. Didática - Ensino. I. Pissetti, Fábio Luiz. II. Título.

CDD: 540.7

RAFAEL SALGADO SILVA

TEORIA DA ATIVIDADE: REFLEXÕES SOBRE APRENDIZAGENS A
PARTIR DA EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

A Banca examinadora abaixo-assinada,
aprova a Dissertação apresentada como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Química pelo
Programa de Pós-Graduação em
Química da Universidade Federal de
Alfenas. Área de concentração: Química
Inorgânica.

Aprovada em: 24 de Março de 2014.

Professor: Fábio Luiz Pissetti

Instituição: Universidade Federal de Alfenas Assinatura:



Professor: Joana de Jesus Andrade

Instituição: Universidade de São Paulo

Assinatura:



Professor: Vanessa Cristina Giroto

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:



Às mulheres que me sustentaram: minha
mãe e mãe de minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Em um trabalho sobre necessidade e motivação, analisando ações tomadas em direção a alcançar determinados objetivos, não poderia deixar de agradecer, nobremente, àqueles que me despertaram o desejo pela guerra travada a partir do incômodo despertado por enxergar falhas na Educação, reconhecendo a necessidade pela melhoria, a motivação do trabalho e força para agir e, também, àqueles que contribuíram para que eu concluísse a atividade iniciada, reconhecendo uma necessidade ora educacional, ora profissional. Sempre humana e pessoal.

Ao Deus do sustento e da fé que operou por meio do Doce Espírito, quando eu não mais acreditei.

À mulher que é a principal responsável por todas as minhas vitórias, à que me ensinou os primeiros passos, as primeiras palavras e recebeu meus primeiros sorrisos. À você, cuidadora, participante e aço encarnado, que me levantou e foi capaz de me impulsionar com forças vindas do amor puro. O mais profundo agradecimento, mãezinha, pelos abraços, beijos, colos, e incentivo provocativo na hora do medo. Meu eterno super-herói!

À vizinha que, tão preocupada comigo, foi motivo pra que eu concluísse esse propósito. Ao vovô, todo orgulhoso, que fez torcida imensa. Ao Zé, que me transmitiu paz em todos os momentos desse caminho e ao meu pai, pelo apoio. À pequena-grande Sophia, que dissipava minhas sombras com a inocência dos seus abraços, minha princesinha! De forma geral, à minha família que me incentivou para a continuação e vitória final, vivenciando a emoção.

Ao professor Fábio pela orientação e oportunidades concedidas.

À professora Keila, querida por mim, pela competência, e que, desde cedo, acompanhou minha caminhada acadêmica, despertando o real interesse de ser um educador e compartilhando algumas várias inquietudes.

À Karina, sempre amiga, que assumiu a difícil incumbência de compreender meu silêncio e meu barulho, meu distanciamento e meu sufocamento, minha eterna parceira.

À minha turma inesquecível, TNT, que conseguiu incutir, pelo coletivo, tantas marcas no meu viver, mostrando, como nunca visto antes, como é o trabalho e a convivência de personalidades tão fortes durante os quatro anos que nos uniram pelo mesmo ideal: sermos professores de Química.

À Nathália, pela cumplicidade do olhar e afago de sempre. Pelo amor da vida. Obrigado por conviver (viver com) em todos os tempos, nestes, nos que passamos e nos que virão.

À todas as meninas da Pedagogia que acompanharam minha permanência na pós-graduação e me salvaram tantas vezes, compreendendo minha luta. Aos professores do curso, que conseguiram, aos poucos, me tirar do objetivismo das exatas e me tornar mais humano.

Aos meus amigos, paraisenses, nativos ou importados, que compartilharam com ouvidos, bocas e corações, dividindo dores e alegrias, em casas ou em bares: Flávia, Cyntia, Délcio, Sheize, Bruno, Laís, Karla, Tatiana, Mayra, Helena, Gabriele, Bianca, Lissara, Rafael, Naãma, Luiz Guilherme, Cyntia e Daniela.

Aos colegas do LEQuim, especialmente à Maria Fernanda e Bruna.

Aos professores André e Márcia, que participaram do exame de qualificação, lendo, com dedicação, todas as minhas palavras e dando direcionamentos enriquecedores para esta pesquisa.

Às professoras Vanessa e Joana, bancas da defesa, que realizaram apontamentos contribuindo para o aprimoramento do trabalho.

Ao programa de pós-graduação e à competente Fabiana.

À Universidade e à Capes, pelo espaço e apoio financeiro concedidos.

Aos professores, funcionários, à doce Sueni.

Aos alunos que aceitaram receber o meu amor, construindo a confiança nas relações regidas por ele, amando e respeitando as convivências. Aos professores que foram colegas de trabalho nas escolas pelas quais passei.

Aos meninos do PIBID.

Aos irmãos de fé e de oração.

A todos os meus amores, que acreditaram e sonharam juntos.

O meu muito obrigado.

“Foi o príncipezinho rever as rosas:

— Vós não sois absolutamente iguais à minha rosa, vós não sois nada ainda. Ninguém ainda vos cativou, nem cativastes a ninguém. Sois como era a minha raposa. Era uma raposa igual a cem mil outras. Mas eu fiz dela um amigo. Ela é agora única no mundo. E as rosas estavam desapontadas.

— Sois belas, mas vazias, disse ele ainda. Não se pode morrer por vós. Minha rosa, sem dúvida um transeunte qualquer pensaria que se parece convosco. Ela sozinha é, porém, mais importante que vós todas, pois foi a ela que eu reguei. Foi a ela que pus sob a redoma. Foi a ela que abriguei com o pára-vento. Foi dela que eu matei as larvas (exceto duas ou três por causa das borboletas). Foi a ela que eu escutei queixar-se ou gabar-se, ou mesmo calar-se algumas vezes. É a minha rosa.”

(SAINT-EXUPÉRY, 2006, p. 36)

RESUMO

A presente pesquisa propõe um estudo de atividades de aprendizagem realizadas ao se utilizar a experimentação de caráter investigativo para despertar necessidade, de acordo com a Teoria da Atividade de Leontiev (2004), sustentada pela abordagem histórico-cultural, proposta por Vigotski (2007). Para a coleta de dados, utilizou-se da vídeo gravação das aulas dos minicursos, as anotações escritas como relatos, os questionários respondidos pelos alunos de ensino médio participantes da pesquisa e o diário de campo do pesquisador. Buscou-se identificar nesses registros, indícios de aprendizagens durante atividades didáticas. A experimentação investigativa foi utilizada como instrumento mediador que despertasse necessidade nos alunos, a partir de suas potencialidades, culminando com operações na direção do objeto, para solucioná-las, conscientemente. As análises foram feitas de acordo com características que as atividades investigativas apresentam: situação problema, atividades pré e pós-experimento, coleta, registro e análise dos dados e apresentação de conclusões. Os temas discutidos durante os minicursos foram “Gasolinas”, “Perfumes”, “Baladas”, abordando os conteúdos “forças intermoleculares”, “solubilidade” e “luminescência”, respectivamente, sendo que os dois primeiros ocorreram em seis encontros, cada, e este último, em cinco. A análise dos dados refere-se aos dois últimos minicursos, enquanto o primeiro foi utilizado apenas como projeto piloto para teste da metodologia adotada somada à epistemologia adotada. Durante a realização das atividades, o pesquisador promoveu debates com os alunos sobre trabalho, envolvendo aspectos como economia, meio-ambiente e ética. A metodologia de análise de dados escolhida foi a análise de conteúdo e a pesquisa foi do tipo pesquisa-ação ou participante. Os resultados revelaram que a experimentação investigativa consistiu-se em instrumento psicológico para gerar necessidade educacional nos alunos, de modo que mobilizaram-se, conscientemente, para coordenar operações e realizar ações de maneira que o objeto de estudo, conteúdos químicos, fosse apreendidos de acordo com a Teoria da Atividade.

Palavras-chave: Teoria da Atividade, Ensino de Química, Experimentação Investigativa, Sequência Didática.

ABSTRACT

This research proposes a study of the learning activities performed while using the trial investigative character need to awaken, according to Leontiev's Activity Theory (2004), supported by the historical-cultural approach, proposed by Vygotsky (2007). To collect data, we used the video recording of classes of short courses, annotations written as reports, questionnaires completed by high school students participating in the research and the researcher's field journal. We tried to identify those records, evidence of learning during teaching activities. The investigative trial was used as a mediating instrument to awaken in students need from their potential, culminating with operations in the direction of the object, to solve them consciously. The analyzes were performed according to characteristics that present investigative activities: problem situation, pre and post-trial activities, collecting, recording and analyzing data and presenting findings. The topic discussed during the short courses were "Gasoline", "Perfume", "Ballad", addressing the content "intermolecular forces", "solubility" and "luminescence", respectively, and the first two occurred in six meetings, each and the latter in five. Data analysis refers to the last two short courses, while the first was used only as a pilot project to test the methodology coupled with epistemology adopted. While performing its activities, the researcher organized discussions with students about working, involving aspects such as economy, environment and ethics. The analysis methodology chosen data was content analysis and research was the type action research or participant. The results revealed that the investigative experiment consisted in psychological tool to generate educational need in students, so that mobilized consciously to coordinate operations and take actions so that the object of study, chemical content, were seized in accordance with Activity Theory.

Keywords: Activity Theory, Chemistry Teaching, Experimentation Investigative, Didactic Sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Representação esquemática dos conceitos criados por Vigotski.....	37
Figura 2 -	Relação direta.....	38
Figura 3 -	Relação mediada.....	38
Figura 4 -	Gênero Humano e o processo de humanização.....	42
Figura 5 -	Estrutura da atividade.....	45
Figura 6 -	Proposta procedimental de um dos grupos.....	67
Figura 7 -	Cálculos para verificação do teor alcóolico na amostra.....	68
Figura 8 -	Cálculo do grupo que efetuou a atividade de fato.....	69
Figura 9 -	Substratos disponíveis para extração.....	80
Figura 10 -	Relato final do aluno J.....	89
Figura 11 -	Continuação do relato final do aluno J.....	91
Figura 12 -	Artigo “Os segredos do perfume”.....	94
Figura 13 -	Vista do laboratório de ensino de Química simulando uma boate.....	96
Figura 14 -	Representação da transição eletrônica de um átomo genérico.....	115
Figura 15 -	Representação esquemática da luminescência.....	119
Figura 16 -	Representação esquemática do fenômeno de fluorescência.....	120
Figura 17 -	Representação esquemática do fenômeno de fosforescência.....	121
Figura 18 -	Materiais disponibilizados para execução do experimento.....	126
Figura 19 -	Caixa preta fornecida aos alunos.....	127
Figura 20 -	Desenho feito representando a fluorescência.....	130

Figura 21 -	Estrutura da molécula do branqueador óptico utilizado em sabões em pó – CBS-L.....	140
Figura 22 -	Atividade Orientadora de Ensino: relação entre atividade de ensino e atividade de aprendizagem	144
Figura 23 -	Estrutura da molécula de clorofila.....	148
Figura 24 -	Estrutura da molécula de quinino.....	150
Figura 25 -	Resposta do aluno L à P1Q1.....	157
Figura 26 -	Representação feita pelo aluno R para P5Q1.....	168
Figura 27 -	Representação feita pelo aluno L para P5Q1.....	169
Figura 28 -	Representação feita pelo aluno A para P5Q2.....	170
Figura 29 -	Representação feita pelo aluno G para P5Q2.....	170
Figura 30 -	Representação feita pelo aluno T para P5Q2.....	171
Figura 31 -	Representação feita pelo aluno D para P5Q2.....	171
Figura 32 -	Representação feita pelo aluno L para P5Q2.....	172
Figura 33 -	Representação feita pelo aluno R para P5Q2.....	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Níveis de investigação no laboratório de Ciências.....	31
Tabela 2 -	Tema, objetivo e sujeitos do episódio de ensino.....	59
Tabela 3 -	Cronograma dos encontros do primeiro episódio de ensino.....	65
Tabela 4 -	Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem 1.....	100
Tabela 5 -	Elementos da analogia explicada a partir do modelo atômico proposto por Rutherford	106
Tabela 6 -	Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem 2.....	110
Tabela 7 -	Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem 3.....	124
Tabela 8 -	Classificação dos materiais em fluorescentes e fosforescentes.....	129
Tabela 9 -	Elementos constituintes das atividades menores.....	181

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	17
3	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DA PESQUISA	19
4	O PROBLEMA	21
5	DESENHO DA PESQUISA	23
6	REFERENCIAL TEÓRICO	24
6.1	A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	24
6.2	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA	32
6.3	A TEORIA DA ATIVIDADE	35
7	METODOLOGIA	48
7.1	QUESTÃO DE PESQUISA	48
7.2	HIPÓTESES	49
7.3	OBJETIVOS	49
7.4	O PERCURSO METODOLÓGICO	50
7.4.1	Coleta de dados	51
7.4.2	Procedimentos metodológicos	52
7.4.2.1	O primeiro episódio	54
7.4.2.2	O segundo episódio	55
7.4.2.3	O terceiro episódio	57
7.4.3	Instrumentos de coleta de dados	60
7.4.3.1	Questionários	60
7.4.3.2	Diário de campo	61
7.4.4	Metodologia de análise	63
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
8.1	EPISÓDIO 1: A QUÍMICA DA GASOLINA	64
8.1.1	Aula 1	66
8.1.2	Aula 2	66
8.1.3	Aula 3	67
8.1.4	Aula 4	68
8.1.5	Aula 5	69

8.1.6	Aula 6	70
8.2	EPISÓDIO 2: A QUÍMICA DOS PERFUMES	71
8.2.1	Aula 1	71
8.2.2	Aula 2	75
8.2.3	Aula 3	76
8.2.4	Aula 4	77
8.2.5	Aula 5 e 6	89
8.3	EPISÓDIO 3: A QUÍMICA DAS BALADAS	95
8.3.1	Aula 1	96
8.3.2	Aula 2	101
8.3.3	Aula 3	111
8.3.4	Aula 4	125
8.3.5	Aula 5	145
8.3.6	Análise dos questionários:	155
8.3.7	Características básicas comuns da atividade orientadora de ensino	181
8.3.8	Sintetizando	193
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	198
	REFERÊNCIAS	202
	APÊNDICES	211
	FOTOS	241

1 INTRODUÇÃO

Movido pela necessidade de compreender como despertar real interesse nos alunos, para que os mesmos mobilizem-se a fim de aprender os conteúdos de Química com um objetivo que fosse além do que atingir a pontuação mínima obtida para obter aprovação na disciplina, pensei em dedicar esta pesquisa.

Este estudo surgiu em decorrência de experiências vividas durante os momentos dos estágios supervisionados das disciplinas de Laboratório de Ensino de Ciências e de Química, componentes da grade curricular do curso de Licenciatura em Química. Percebi, durante os dois anos de estágio, que os professores enfrentam dificuldades para realizar atividades experimentais, sejam durante as aulas, ou fora delas, pelo fato da carência material, excessivo número de alunos em salas, carga horária de aulas reduzida ou ainda lacunas na formação inicial. Percebi, em contrapartida, que os alunos demonstravam euforia ao se falar de “fazer experiências”. Nasce daí o motivo de se estudar qual a melhor maneira de realizar tais atividades experimentais e de que maneira as mesmas podem contribuir para atividades de aprendizagem de conteúdos de Química no Ensino Médio.

Vários pesquisadores pontuam que as atividades experimentais são instrumentos importantes para a aprendizagem dos alunos, no que se refere ao ensino de Química, contudo sua utilização tem sido criticada, já que as atividades limitam-se à simples execução de um roteiro já estabelecido, ou ainda à reprodução da teoria apresentada em sala de aula, resultando em uma contribuição pobre para a formação de conceitos químicos e irrelevante para a formação de uma visão palpável e crítica da atividade científica, enquanto atividade humana e, por isso, histórico-cultural (HODSON, 1994; ZANON; SILVA 2000).

Zanon e Silva (2000) corroboram as ideias de Machado e Mól (2008) ao afirmarem que os professores de Química de ensino médio consideram a experimentação como um recurso essencial para melhoria do ensino, todavia eles apresentam a escassez de condições materiais, as turmas excessivamente grandes, a carga horária reduzida e a falta de domínio de laboratório, desenvolvida durante a formação inicial, como álibis que dificultam sua execução. Sabe-se, portanto, que a verdadeira dificuldade está relacionada à falta de formação dos professores, no que se refere, também, à falta de clareza sobre a função da experimentação na aprendizagem de conceitos, assim como à falta de apoio às políticas públicas de incentivo à docência, como plano de carreira, falta de infraestrutura

de salas que comportem todos os alunos para atividades experimentais em grupo, já que as mesmas são fisicamente pequenas.

Ao considerar que a experimentação ocorre na interação dos sujeitos com o meio, objetos e outros indivíduos, optou-se por estudá-la a partir da perspectiva histórico-cultural, propondo a investigar como o ser humano aprende e executa suas atividades. A perspectiva adotada está pautada no materialismo dialético, considerando que todas as relações sujeito-objeto ocorrem a partir do material e, só após, haverá transformações no plano ideológico.

*Atentando-se para o fato de que a experimentação é uma atividade, deve-se ressaltar que ao compreendê-la, amplia-se, também, a compreensão da atividade humana. A atividade representa a ação humana que mediatiza a relação entre o homem – sujeito da atividade – e os objetos da realidade, configurando a natureza humana. E como afirma Leontiev (1978), toda atividade humana é objetual, por isso é necessário compreendê-la, mesmo que o objeto seja oculto. Isso posto, considera-se que o **objetivo** desta pesquisa está em compreender como as atividades experimentais investigativas podem contribuir com a formação de conceitos químicos, ao considerar a atividade humana. Considera-se, que o desenvolvimento da atividade psíquica, ou seja, das faculdades mentais superiores, tem origem nas relações sociais do indivíduo inserido em seu contexto social e cultural, e não repousa no sujeito individual. [grifo meu]*

O estudo da atividade, faz parte da teoria que surgiu no campo da Psicologia, com os trabalhos dos russos Vigotski, Luria e Leontiev, enquanto desdobramento de uma psicologia histórico-cultural, embasada na filosofia de Marx. Há uma lacuna no que se refere aos estudos da Teoria da Atividade no Brasil, principalmente no que se refere à sua aplicabilidade no campo da Educação (DUARTE, 2002). Quando pensamos na esfera menor que representa o Ensino de Química, a escassez de trabalhos que abordem o desenvolvimento do psiquismo e atividade humana neste sentido, torna-se ainda menor.

O **desenvolvimento** deste trabalho se deu com a realização de atividades experimentais investigativas com três grupos de alunos, regularmente matriculados no ensino médio da rede pública de Alfenas, e analisar como tais experimentos consistiram-se enquanto necessidade para atividades de aprendizagem. Os sujeitos foram divididos em três turmas diferentes, sendo que cada uma delas realizará atividades distintas. Os experimentos, inseridos no decorrer de minicursos, denominados episódios de ensino, foram realizados com esses alunos. Os assuntos abordados são: solubilidade, forças intermoleculares, polaridade, luminescência e modelos atômicos – conceitos

fundamentais (e não únicos) para um bom entendimento da Química enquanto ciência. O primeiro grupo realizou os encontros no horário regular das aulas de Química, era constituído por 26 alunos do segundo ano do ensino médio e o tema central foi “Gasolina”. O segundo grupo realizou os encontros em horário extra-turno ao das aulas regulares, no período vespertino, era constituído por 15 alunos do terceiro ano do ensino médio de outra escola pública e o tema foi “Perfume”. O terceiro episódio de ensino foi realizado com 15 alunos desta última escola em horário extra-turno ao das aulas regulares e o tema foi “Baladas”.

2 JUSTIFICATIVA

É necessário compreender as formas psicológicas das atividades humanas para entender o desenvolvimento da mente e a transição do homem para ser humano. No campo da educação torna-se imprescindível entender as relações que repousam sobre as atividades de aprendizagem. A experimentação investigativa, enquanto instrumento mediador de relações entre sujeito (alunos) e objeto (conhecimento) suas respectivas contribuições no que se refere ao aprendizado de conteúdos de Química, tendo em vista a potencialização de seu uso, deve ser vislumbrada como uma possibilidade de metodologia de ensino a ser utilizada. Algumas pesquisas apontam que a experimentação no Ensino de Química é utilizada de maneira errônea, sem clarificar seus objetivos, o que acaba por resultar em atividades infrautilizadas e sobreutilizadas, ou ainda, na experimentação pela experimentação (HODSON, 2005; ZANON; SILVA, 2000).

Tendo em vista a estaticidade e dificuldade de relacionamento entre experimentos tradicionais com problemas cotidianos, e ao mesmo tempo a importância de se considerar a bagagem cultural do aluno construída em momentos anteriores à escola ou nela mesma, faz-se necessário repensar as metodologias de ensino para que os alunos tenham efetiva participação na construção do conhecimento – como sujeitos ativos – e que esse tenha significado para tais. O mais importante é pensar que o significado das atividades deve estar em constante afinação com o sentido que as mesmas representam para os alunos, de maneira que a aprendizagem seja efetiva e produza transformações psicológicas no sujeito.

Acredita-se que a abordagem investigativa de ensino, ao considerar as atividades experimentais, pode favorecer o aprendizado de modo que o professor deve ocupar o papel de mediador no processo. Sendo assim, julgou-se a abordagem sócio-interacionista proposta por Vigotski e as ideias da Teoria da Atividade, proposta por Leontiev, como possibilidades de discussão ao se executar a experimentação.

A pesquisa justifica-se importante ao se configurar como inovação epistemológica, e não metodológica, tendo em vista a carência existente sobre trabalhos que estudam o desenvolvimento de aprendizagens a partir da Teoria da Atividade, especialmente no Ensino de Química. A literatura apresenta pesquisas correlatas em outras áreas, como na Psicologia ou ainda no Ensino de Matemática, mas é superficial em relação aos fundamentos da teoria. Não se pode esquecer, também, que a ausência de

trabalhos nesta área reside sobre o fato de ser uma teoria que tem pressupostos marxistas e ter sido desenvolvida em uma sociedade socialista, que considerava a importância do coletivo. Nossa sociedade contemporânea é marcada pelo capitalismo e individualismo do mundo ocidental.

3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida a partir de três episódios de ensino, em que o primeiro deles foi utilizado como projeto piloto da pesquisa, e os outros dois, constituem o *corpus* para análise. O foco dos mesmos, planejados como sequências didáticas de um minicurso, era a experimentação investigativa. Em geral, as etapas constitutivas de atividades investigativas de laboratório são:

- a) Situação-problema: Problema apresentado em forma de pergunta a ser resolvido. Este pode ser hipotético ou real, a partir do momento que seja relevante para a sociedade, esteja contextualizado com o cotidiano do estudante e desperte interesse nos mesmos;
- b) Atividades pré-experimentais: Incluem atividades de nivelamento, para que os alunos atinjam níveis de conteúdos químicos necessários para proporem um roteiro procedimental, objetivando solucionar a situação-problema apresentada, e ainda, questionários, aulas ou discussões que propiciem a evocação de conhecimentos a respeito da contextualização envolvida. De acordo com a teoria em questão, essas atividades visam a ampliação do Nível de Desenvolvimento Real – que será explicado mais adiante – para possibilitar a inclusão de conteúdos atitudinais, procedimentais e conceituais, permitindo a elaboração e proposição de soluções para a problemática apresentada.
- c) Proposição da solução: É o momento que os grupos, ou os alunos, individualmente, têm para elaborarem uma maneira de solucionar, experimentalmente, a situação proposta através da atividade. A solução, nesse caso, deve ser através de roteiros experimentais que culminem em uma experimentação de caráter investigativo;
- d) Execução do procedimento: Os alunos irão, em grupos, solucionar a problemática através do planejamento elaborado por eles mesmos no momento anterior. O professor exerce o papel de mediador por meio de perguntas e reflexões, possibilitando que os alunos analisem os dados obtidos e estabeleçam relações para a elaboração da conclusão;
- e) Atividades pós-experimentais: São as atividades que contém indícios da aprendizagem de conteúdos de Química, incluem respostas a questionários, relatos do planejamento e da execução do mesmo, ou ainda exposição da

análise e interpretação dos resultados obtidos através de socialização com os outros grupos.

Os dados foram coletados por meio de questionários, anotações e relatos dos alunos, transcrição da vídeo-gravação dos encontros e diário de campo.

4 O PROBLEMA

Existem muitas críticas ao método tradicional de ensino, caracterizado pelas aulas expositivas, e à infrautilização da experimentação no Ensino de Química. De tal forma, o professor acaba sendo o detentor do saber, ou seja, ele é quem incute o conhecimento nos alunos que são seres passivos e vazios de conceitos no processo, considerados como tábula rasa.

Para modificar esse cenário dicotômico, de modo que a situação para ser consertada deva sair de uma extremidade e ir até a outra, semelhantemente à teoria da curvatura da vara, discutida por Saviani (2008), é preciso que teoria e prática dialoguem em todos os momentos do processo, e que os alunos tenham consciência do que estão fazendo, conhecendo, portanto, os objetivos que o professor deseja alcançar com as atividades, para que possam estabelecer a relação de parceria. É desse modo que dizemos que a realidade sai de uma extremidade e só é modificada após a curvatura da vara, que se almeja que chegue à outra extremidade, modificando o processo.

A revisão bibliográfica mostra que o atual Ensino de Química no Brasil pouco ou nada contribui para a formação social dos alunos, enquanto cidadãos por direito, dotados de criticidade (SANTOS; SCHNETZLER, 2003). Sendo assim, é necessário intervir no cenário e pelo menos tentar modificar a presente situação, em que o ensino apresenta caráter instrumental.

As atividades experimentais não têm agradado aos professores e nem tem sido utilizadas de maneira que se aproveite o potencial instrumental e pedagógico que possuem para o ensino e aprendizagem. Sabe-se, em contrapartida, que os alunos manifestam interesse nas mesmas por serem diferentes da abordagem tradicional de exposição a qual estão acostumados. Quando são utilizadas, desconsideram-se as dúvidas, divergências, opinião, valores e observações dos alunos frente ao processo, pois parte-se de um guia predeterminado e deve-se chegar a um resultado já esperado. E isso é um fator que incomoda os alunos, já que essa postura de passividade e conformismo não é a que existe nos jovens em sala de aula, ainda mais ao se considerar que estamos no século da globalização, e que a sociedade em que vivemos é a da informação, do excesso, facilidade e rapidez de informações através da internet móvel acessível a grande parte dos alunos. Sabe-se, de acordo com os apontamentos dos referenciais citados e também de acordo com o sócio-interacionismo, que é importante considerar as aprendizagens do aluno em

um momento anterior à escola, tendo em vista que este, quando chega até a escola, já traz consigo uma bagagem de conhecimentos e aprendizagens cotidianos, vinda do convívio social, e que tem sentido potencial para os sujeitos.

5 DESENHO DA PESQUISA

A pesquisa está dividida em 4 capítulos que permeiam todo o estudo realizado, além da introdução, justificativa e problema. São eles:

Referencial Teórico – É apresentado o referencial teórico utilizado e estudos realizados sobre a Experimentação no Ensino de Química, seu surgimento, abordagem histórica e o cenário atual. Foca-se nas atividades experimentais investigativas que são tema central desta pesquisa. A Teoria da Atividade proposta por Leontiev, em abordagem histórica-social, será norteadora das leituras e análises que serão feitas posteriormente. Este referencial teórico tem a potencialidade de analisar a questão da formação do gênero humano e os produtos de sua atividade. O ser humano é tratado como um ser que não está mais somente sob o domínio das leis biológicas, mas sim como um ser cultural, que evoluiu e é influenciado pelas relações estabelecidas entre os pares. De tal forma, busca-se compreender os processos de ensino e aprendizagem de maneira que extrapole a esfera individual das habilidades cognitivas, indicando que a formação particular do sujeito se dá por meio de atividades que são estabelecidas entre ele e outros seres humanos. Apresento, portanto, a ideia de formação de conhecimento como produto da atividade humana.

Metodologia – Apresentação da metodologia utilizada no decorrer da pesquisa, caracterizando a natureza da pesquisa, seu tipo, a metodologia de análise, os sujeitos, os instrumentos e os percursos metodológicos adotados para a coleta de dados.

Resultados e discussão – Discussão e análise dos dados levantados com a pesquisa.

Ao final, faço algumas considerações finais e apresento as referências utilizadas, assim como os apêndices.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

O atual capítulo aborda os referenciais teóricos utilizados para desenvolvimento da pesquisa e análise dos resultados. Portanto, para isso, o assunto foi dividido entre experimentação no Ensino de Química e Teoria da Atividade.

6.1 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

No Brasil, a Química é implantada no Ensino Secundário em 1862, e é a partir de 1887 que os cursos preparatórios de medicina foram acrescidos de noções de Química. A experimentação surge no contexto escolar mundial, pela primeira vez, em 1865, na Inglaterra, no Royal College Chemistry, o que representa uma pequena diferença de tempo. Mas em contrapartida, a disseminação da relevância da experimentação no ensino, ocorreu somente depois de muito tempo, mais fortemente a partir da década de 1960, período em que surgem os projetos de ensino que valorizam a experimentação. Foi só a partir de 1931, com a Reforma Francisco Campos que a Química passou a integrar a grade curricular do ensino secundário no Brasil enquanto disciplina regular. O principal objetivo para o Ensino de Química da época era despertar o interesse científico nos alunos, enfatizando sua relação com a vida cotidiana, apontando para a necessidade de aproximar os conhecimentos adquiridos da vida cotidiana dos alunos (ARTHUR, 2011; SCHNETZLER, 1980; GALIAZZI, 2000).

A Reforma Gustavo Capanema, a partir de 1942, marca mais fortemente ainda que o espírito científico deve ser desenvolvido nos alunos, com a Lei Orgânica do Ensino, além da aquisição de conhecimentos e suas relações com as ciências afins e em suas aplicações na vida corrente. A Lei Orgânica do Ensino Secundário instituiu um primeiro ciclo de quatro anos, chamado ginásial, e um segundo ciclo de três anos, o científico (técnico) ou o clássico (acadêmico). A Segunda Guerra Mundial influenciou a educação de modo que os alunos do sexo masculino deveriam receber aulas militares. A educação religiosa passou a ser facultativa, enquanto a educação moral e cívica era obrigatória. A educação secundária das mulheres deveria ser realizada em escolas exclusivamente

femininas. A Reforma Capanema permaneceu em vigor até 1961, quando a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional foi aprovada (SICCA, 1990).

A partir da promulgação desta Reforma, a experimentação tornou-se elemento central do ensino de Ciências, para a formação do espírito científico, seguindo os preceitos propostos por Dewey. Portanto, a real implementação da Reforma Capanema ocorreu no fim do Estado Novo e vigorou até a promulgação da LDB de 61 (ibid).

As atividades no Ensino de Ciências estão relacionadas às atividades que eram realizadas nas Universidades na década de 60 e, por isso, foram disseminadas a partir dessa década, com projetos que valorizavam o “ensino experimental”. Prova disso é que os laboratórios existentes nas escolas são montados seguindo a mesma estrutura dos laboratórios de ensino nas Universidades e institutos de pesquisa. É nessa época que há grande difusão das atividades experimentais já que coincide com o momento da Guerra Fria e lançamento do satélite Sputnik pelos soviéticos em 1957, motivo esse de cunho político. Almejava-se, portanto, formar cientistas para atuarem em pólos de pesquisa (DE JONG, 1998).

A experimentação, como um dos modos de atividade humana, deveria proporcionar o relacionamento de dados objetivos com os conceitos, solicitando dos alunos a interpretação de fatos. As experiências deveriam ser práticas e visando o aprendizado de conceito. A função educativa da experimentação seria concretizada mediante o método citado, chamado de indutivo (SICCA, 1990).

Os projetos citados anteriormente, que valorizavam o “ensino experimental”, surgiram nos Estados Unidos, como o Biological Science Curriculum Study – BSCS, Chemical Education Material Study – CHEM, Physical Science Study Committee – PSSC, Chemical Bond Approach Project – CBA. Esse último influenciou a publicação de livros usados nas escolas e a partir daí tais projetos passaram a se apropriar com maior propriedade das atividades experimentais no Ensino de Ciências. Na Inglaterra, os cursos Nuffield de Biologia, Química e Física também influenciaram com propostas de atividades de dissecação de animais nas aulas de Ciências. O CHEM, por exemplo, assim como o método CBA, procura desenvolver nos alunos a habilidade de observação, o espírito crítico e o raciocínio científico, o que se opõe à estagnação mental, fruto da repetição do que é ensinado. Para que tais objetivos sejam atingidos, o ensino deve começar pelos trabalhos no laboratório, que devem continuar por todo o curso, desenvolvendo-se, portanto, a partir das experiências realizadas (ARTHUR, 2011).

A partir da década de 1960, considerando-se o cenário político já citado, a experimentação tem permeado o contexto do Ensino de Ciências como um fator diferencial e útil, próprio de tal ensino, pois foi nesse período que surgiram e foram executados os projetos citados anteriormente, valorizando o “ensino experimental” (HODSON, 1988 apud ARTHUR, 2011, p. 15).

A experimentação no Ensino é um recurso metodológico que, além de auxiliar a aprender conteúdos de Química, pode articular fenômenos e teorias, abordando temas interdisciplinares e contextualizados. De acordo com Silva e colaboradores (2010), a definição de experimentação é uma *atividade* que articule fenômenos e teorias incorporando a interdisciplinaridade e a contextualização. Aprender Química, então, deve ser uma relação constante entre o fazer e o pensar, permitindo a interpretação do mundo e a ação no mundo, enquanto instrumento cultural essencial na educação humana, assim como pressupõem os documentos oficiais que regulamentam e normalizam a Educação Básica brasileira (BRASIL, 1999; 2002).

É importante, logo, definir a diferença entre experimentos para a Ciência de experimentos para o Ensino de Ciências. Aqueles tem objetivo de colaborar com a construção de teorias, enquanto que os experimentos para o Ensino de Ciências objetivam funções pedagógicas, o que não é congruente, já que os alunos não trabalham na fronteira do conhecimento como os cientistas. A experimentação na escola visa colaborar com os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos selecionados pelo professor, que faz o planejamento e aplicação do currículo juntamente aos outros pares, enquanto que na Ciência, o papel do cientista é produzir ou reconstruir o conhecimento científico (HODSON, 1988 apud ARTHUR, 2011, p. 15).

A experimentação é um dos principais instrumentos didáticos utilizados no ensino da Química por permitir o contato direto com o fenômeno, além de contribuir para diminuir os níveis necessários de abstração. As atividades experimentais devem apresentar funções pedagógicas para se atingir objetivos que devem ser claros e conscientes para o professor (HODSON, 1994).

Vários estudos apontam qual o objetivo de se utilizar a experimentação no ensino, e entre eles, são constatados:

1. Despertar interesse e motivação no aluno;
2. Ensinar técnicas de laboratório;
3. Potencializar a aprendizagem de conhecimentos científicos;

4. Proporcionar uma ideia sobre o método científico e desenvolver habilidade em sua utilização;
5. Desenvolver “atitudes científicas”, como objetividade, paciência e análise antes de emitir julgamentos de valores e considerar ideias dos outros pares envolvidos;
6. Auxiliar na construção e aprendizagem de conceitos (GALIAZZI et al, 2001; BARBOSA et al, 1999; HODSON, 1994).

Intencionando potencializar os efeitos das atividades experimentais no processo de construção de conhecimentos científicos, elas devem ser planejadas, conduzidas adequadamente e, para isso, é essencial que o professor, enquanto condutor do processo, tenha clareza sobre a função da experimentação no Ensino de Química e, com isso, crie oportunidades para o aluno ser autor principal no processo de construção de conhecimento (ARTHUR, 2011).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais corroboram com a referida autora ao afirmarem que a função da experimentação para o ensino médio é pedagógica, quer seja em momentos pré-atividade, quer em pós (HODSON, 1988). Deve-se atentar, concomitantemente, para a não desvinculação entre teoria e prática, e sim abordá-las em um movimento contínuo, dialógico, como uma via de mão dupla em que teoria relaciona com prática e vice-versa, não em dicotomia (BRASIL, 1999). De maneira dialética, a teoria e modelos estão em constante interação com os fenômenos e a prática, sendo que neste movimento, um modifica o outro de modo que é impossível separá-los em dois momentos distintos.

Quando a relação teoria-prática é tratada como via de mão única, revela concepções do tipo: “a prática serve para comprovar a teoria” ou ainda “a teoria é o que explica a prática”. Concepções desse tipo são derivadas da visão empírico-indutivista de Ciência, privilegiando a Ciência como verdade absoluta e estática, colaborando para a formação de sujeitos que reproduzem o que lhes é transmitido. De acordo com alguns autores, quando as atividades experimentais objetivam ilustrar ou comprovar teorias, elas são de pouca validade e quase não contribuem para a construção do conhecimento científico (ZANON; SILVA, 2000; REIGOSA CASTRO; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000).

Tal fragmentação representa um dos motivos que colaboram para a construção de uma visão deformada sobre a Ciência (GIL PÉREZ, 2001). As visões distorcidas de Ciência mais comuns são:

- a) Visão a-histórica e a-problemática: não considera os problemas que se pretenderam resolver ao construir o conhecimento, assim como as dificuldades encontradas no percurso. Os conhecimentos, por já estarem elaborados, são transmitidos;
- b) Visão neutra e descontextualizada: desconsidera o interesse da comunidade, esquecendo as dimensões sociais das atividades científicas;
- c) Concepção empírico-indutivista: define a Ciência como fruto de indução, exclusivamente. Defende o papel da observação neutra para guiar a experimentação, ignorando as hipóteses para nortear as investigações;
- d) Concepção individualista e elitista: as conquistas da Ciência são fruto da elite e parecem como resultado de sujeitos isolados, valorizando o trabalho individual em detrimento à coletividade e trabalho em equipe, desfavorecendo a criatividade;
- e) Visão exclusivamente analítica: impossibilita a vinculação entre o problema abordado e os diferentes campos da Ciência;
- f) Visão algorítmica e rígida: as “observações” e “experiências rigorosas” contribuem com a “exatidão e objetividade” dos resultados obtidos, enquanto sequência de etapas definidas.

Essa última visão apresentada, que concebe o método científico como etapas pré-definidas e infalíveis, é identificada com facilidade nas atividades experimentais realizadas nas escolas de ensino médio, já que os experimentos, muitas vezes, são apresentados com a pretensão de se obter resultados análogos aos dos cientistas, e por isso, inquestionáveis, se se seguir o rigor do método científico. Os professores deveriam refletir sobre suas próprias concepções de método científico para não influenciarem os alunos para a mesma distorção na concepção. De tal forma, os professores esclareceriam o “como” realizam as pesquisas (LÜDKE et al, 2009). Os alunos devem entender que o objetivo da experimentação no ensino médio de Química não deve ser reproduzir dados, mas sim desenvolver habilidades como “questionamento”, “criticidade”, “interpretação de resultados”, “responsabilidade”, “análise e organização de gráficos e tabelas” e, principalmente, “reflexão”. As experimentações não ocorrem de forma padronizada, neutra de preconceções e filtros de interpretação (GIL PÉREZ, 2001).

Várias publicações (LEITE; FIGUEIROA, 2004 apud OLIVEIRA N., 2009; GARCIA BARROS 2000 apud OLIVEIRA N., 2009; GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996), apresentam diferentes tipos e nomes para atividades experimentais. Em suma, são

classificadas de acordo com seus objetivos, características e finalidades. A partir de uma releitura, apresento três classificações principais:

- “demonstrativas”;
- “ilustrativas”;
- “investigativas”.

Atividades de experimentação demonstrativas tem origem em um período anterior aos projetos curriculares da década de 60. Elas estão integradas às aulas expositivas e são aquelas em que o professor é quem realiza os procedimentos, ou seja, o professor é o sujeito principal enquanto ser ativo no papel de experimentador, ao passo que os alunos são passivos, devendo prestar atenção, observar, anotar, desenhar, classificar e conhecer o material utilizado. O professor exerce papel de liderança, montando o experimento e questionando os alunos. Cabe a ele, também, fornecer explicações científicas que possibilitem a compreensão do que é observado. A função é demonstrar “verdades absolutas”. São, na maioria das vezes, consideradas como limitadas e ultrapassadas, já que o aluno não interage com o experimento. Por vezes, em outros casos, são consideradas ferramentas importantes, já que podem ser realizadas com uma economia de tempo e recursos materiais, já que apenas o professor manipula o material, e ela está menos sujeita a interferência extra planejamento do que as atividades experimentais construtivistas (SANTOS, 2001).

Experimentos ilustrativos, também chamados de atividades de verificação, são realizados pelos alunos ao manipularem o material sob a supervisão, orientação e direção do professor. Sua principal função é comprovar ou (re)descobrir leis, ou seja, ilustrá-las. Ambos os tipos de experimentação sugerem a observação como fonte e função do conhecimento. Os resultados são trivialmente previsíveis e as explicações para os fenômenos observados, geralmente, são conhecidas pelos alunos. Os professores que utilizam essa abordagem, justificam seu uso na afirmação de que os alunos podem entrar em contato direto com o fenômeno, “observando-o”, de modo que obedeçam à lógica da teoria apresentada. Outra justificativa, utilizada pelos professores, é que os alunos se sentem motivados, participando de um ensino mais realista e palpável, oportunizando situações que extrapolem o livro didático, porém, como apresentado anteriormente, questiona-se essa “motivação” dos alunos, quando eles não participam do planejamento da atividade e devem apenas chegar a um resultado esperado. Os professores apontam como pontos positivos a facilidade de supervisão da atividade assim como de avaliar os resultados finais obtidos pelos alunos, afinal, já espera-se qual deve ser o resultado

atingido; os estudantes podem aprender técnicas de manipulação de materiais; e é fácil solucionar os problemas que surjam durante a execução do experimento (OLIVEIRA, 2010).

Atividades como as explicadas anteriormente são tidas como tradicionais. Abordagens desse tipo são aquelas em que os alunos recebem um roteiro procedimental predefinido, também chamado de guia, ou seja, são dados todos os passos a serem seguidos para a realização do experimento. Cabe ao aluno apenas reproduzir um conhecimento já produzido anteriormente, excluindo as possibilidades de divergência. Os alunos devem imitar um experimento já executado inúmeras vezes e chegar a um resultado que já é esperado. Em um momento posterior, questionários são aplicados intencionando investigar o conhecimento que foi construído pelos alunos. De tal forma, a visão que é construída é de uma Ciência rígida, verdadeira, absoluta, em outras palavras, distorcida. Acredita-se, assim, que o fracasso dessas práticas está no fato de serem executadas como “receitas de bolo”, minimizando a reflexão para proceder à investigação e supervalorizando as habilidades procedimentais (HODSON, 2005).

O principal problema referente à eficácia da aprendizagem, ao lançar mão das atividades experimentais na abordagem tradicional, é que os dados são pouco conclusivos e não promovem diferenças ou conflitos para a aquisição de novos conceitos, desconsiderando a reflexão para se chegar à investigação, ou seja, não ampliam o nível de desenvolvimento real do sujeito – conceito este, que ainda será explicado. Surge, portanto, a necessidade de encontrar alternativas que facilitem a compreensão da utilização do trabalho experimental no processo de aprendizagem dos alunos. Neste cenário, deve-se considerar a abordagem investigativa como alternativa executável.

De acordo com Oliveira R. (2009) e Moraes (1998), a experimentação de perspectiva construtivista tem características investigativas ao assumir que o conhecimento é (re)construído a partir de conceitos já existentes, apresentando como característica principal a participação ativa dos alunos no processo de construção do conhecimento, enquanto o professor é o facilitador do processo, ou, mediador. Giordan (1999) defende que a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar nas intercadências das atividades investigativas.

Borges (2002) aponta que as atividades experimentais que visam desenvolver habilidades do tipo autonomia, decisão e criticidade nos alunos, ou seja, atividades investigativas, levam um tempo maior que as atividades tradicionais, mas em contrapartida, sugere que é um processo mais significativo para a aprendizagem, pois os

alunos participam de todas as etapas da investigação, desde a interpretação do problema até a possível solução. Em suma, o autor sugere uma tabela que classifica os níveis de investigação das atividades em um laboratório de Ciências:

Tabela 1 – Níveis de investigação no laboratório de Ciências

Níveis de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dadas
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002).

Atividades de nível 1 são as que fornecem o problema e os procedimentos e espera-se dos alunos que tirem as conclusões a respeito do problema fornecido. O nível 2 é aquele que fornece apenas o problema, ficando sobre a responsabilidade do aluno a proposição do procedimento experimental e as devidas conclusões. No nível 3, é exigido maior envolvimento e entrega dos alunos, e, portanto, necessita maior esforço, já que são eles quem devem realizar todas as etapas do procedimento: desde a proposição do problema, até as conclusões, passando pela elaboração dos procedimentos experimentais.

O autor afirma que as atividades investigativas devem ser executadas em um nível crescente de investigação dos problemas. Os alunos devem ser organizados em pequenos grupos, por acreditar que os pares auxiliam-se no processo da proposição de problemas, na execução e na construção de conhecimentos, em consonância com a abordagem histórico-cultural escolhida para nortear o trabalho (VIGOTSKI, 2007). A relação entre os alunos colabora para a internalização da aprendizagem, que em primeiro momento ocorre na relação com a esfera exterior, e seus outros pares. Por mais que os alunos não detenham conhecimentos específicos e necessários para a experiência em laboratório, conseguirão, gradativamente, propor resolução para os problemas propostos, se o professor criar oportunidade de acompanhamento e interpretação das etapas de investigação.

6.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Machado e Mól (2008) afirmam que as atividades experimentais didáticas devem singularizar o caráter investigativo, promovendo a compreensão das relações conceituais no conhecimento de Química.

O Papel do professor nas atividades experimentais investigativas é o de orientador, ou seja, mediador para que os alunos alcancem resultados desejáveis na construção do conhecimento escolar, mais facilmente. Durante a experimentação, os grupos de alunos dialogam sobre a situação-problema apresentada pelo professor ou por eles próprios a partir do momento que identificam algo interessante a ser resolvido, apresentando diferentes hipóteses para serem discutidas com os outros pares. É na discussão que os alunos (re)constróem conceitos. A partir desse intercâmbio de informações, eles passam a ser capazes de apresentar uma solução que seja escolhida pelo grupo (OLIVEIRA, R., 2009).

Em uma atividade experimental investigativa, os alunos possuem liberdade para decidir qual equipamento construir e utilizar na busca de solucionar a situação-problema, sem fazer uso de roteiros procedimentais fechados, permitindo, portanto, possibilidades de intervenção e modificação ao longo das etapas a serem adotadas. Contrariamente, nas atividades ilustrativas ou descritivas, o material já se encontra disponível ao aluno, que deve atender aos procedimentos predeterminados, os quais são exigidos pela atividade.

Diferentemente das duas abordagens apresentadas anteriormente, as atividades experimentais investigativas não dependem diretamente dos conteúdos abordados previamente em aulas expositivas. O objeto de estudo, que é o conteúdo químico, pode ser trabalhado durante as atividades, de acordo com os contextos, em resposta aos questionamentos dos alunos que surgem durante o planejamento experimental e levantamento de hipóteses. É exatamente essa independência de ordem cronológica no processo que permite que os resultados não sejam completamente previsíveis, e nem as respostas às perguntas dos alunos sejam imediatamente respondidas pelo professor.

O papel do professor é auxiliar na busca das explicações através da mediação na negociação de estratégias para os procedimentos adotados objetivando a solução dos problemas. É dever do professor, também, questionar os alunos, incentivando a criatividade epistêmica durante todas as etapas, intervindo nos momentos de indecisão ou

falta de clareza e consenso do grupo. De acordo com a literatura, o envolvimento dos alunos neste tipo de atividade é maior, apesar da exigir uma organização e domínio mais aprofundados por parte do professor (BORGES, 2002; OLIVEIRA, 2010).

Existem várias maneiras de se executar uma atividade experimental investigativa, mas em geral, elas devem apresentar os seguintes passos em etapas, o que exige um tempo maior de estudo (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996):

- Uma situação-problema a ser analisada;
- Emissão de hipóteses;
- Planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações;
- Execução da atividade experimental e obtenção de novas informações;
- Interpretação das informações e comunicação das mesmas.

A situação problema-inicial deve partir de questões investigativas e que tangenciem aspectos reais do convívio cotidiano do aluno, em formato de problemas, instigando a uma solução. É indicado que sejam em formas de perguntas e que sejam adequadas ao nível de desenvolvimento mental dos alunos. Elas devem, entretanto, permitir o estímulo à proposição de hipóteses, o interesse em solucionar o caso, o desafio e o encantamento. É necessário que os alunos sintam-se motivados a resolver o problema portanto devem se interessar pela investigação do mesmo, proporcionando envolvimento reflexivo tanto em relação ao conteúdo dos experimentos, como também em relação aos procedimentos e metodologias de sua realização. Os questionamentos devem permitir aos alunos o conhecimento dos enfoques próprios da cultura científica, promovendo o processo chamado de enculturação. O mais importante é que tais situações problemáticas estejam em um nível de dificuldade adequado à Zona de Desenvolvimento Potencial dos educandos – conceito este que será explicado mais a frente-, além de favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância da proposta apresentada. Borges (2002) afirma que deve ser solicitado aos alunos que façam algo que vá além do que recordar uma fórmula ou uma solução já utilizada em alguma situação semelhante, o que caracteriza habilidades cognitivas de baixa ordem (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002).

A emissão de hipóteses colabora para a formação de uma visão dinâmica de ciência ao proporcionar o conhecimento de seus processos, possibilitando o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem, do tipo organização, sugestão

para solução de um problema, interpretação, reunião de evidências e elaboração de inferências, por isso, a proposição de hipóteses deve ser tomada como atividade central da investigação. Nesse momento, pode haver, também, contato com outras fontes de informação, como por exemplo, livros didáticos, periódicos, internet, revistas e outros materiais informativos, para que as hipóteses e sua operacionalização cuidadosa sejam fundamentadas (ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002).

De acordo com Azevedo (2004), as atividades investigativas não devem se limitar à manipulação de objetos e observação de fenômenos, devem, portanto, propiciar a reflexão, discussão, explicação, construção de relatos e planejamentos. No terceiro momento, os alunos, de posse dos conhecimentos básicos necessários para solucionar a problemática proposta – delimitados pelo professor, devem elaborar um procedimento experimental como um planejamento, que será executado no momento posterior. A aprendizagem de procedimentos e atitudes é tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e do conteúdo.

Outro momento é o de executar o planejamento realizado anteriormente, desenvolvendo habilidades procedimentais e atitudinais, favorecendo o trabalho em equipe. Os alunos tem a oportunidade de coletar dados por meio de gráficos e textos e organizá-los em tabelas, detalhadamente, se houver necessidade.

A socialização das novas informações obtidas consiste em divulgar os resultados e interpretações atingidos com o processo de investigação da atividade experimental. Pode ser realizada por meio da oralidade ou da escrita, potencializando a dimensão coletiva do trabalho (ZÔMPERO; LABURÚ 2011; OLIVEIRA, R., 2009), corroborando com a vertente histórico-cultural, em que a aprendizagem, em um primeiro momento, se dá a partir do contato entre os pares, na esfera interpessoal. Essa atividade contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem como a resolução de problemas e não de exercícios, tomada de decisões e desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo, pois os alunos estão engajados, constroem – ou tentam – e expõem essas aplicações para os demais alunos, mesmo que de forma incipiente. Durante o processo os alunos fazem observações, perguntas, analisam e interpretam dados, e explicam os resultados.

De acordo com Zanon e Freitas (2007), as atividades investigativas podem liberar a imaginação e o encantamento dos alunos, ao permitir a manipulação direta de materiais, o questionamento, o “tateamento”, a observação, expressão, comunicação, planejamento e execução, verificação de hipóteses levantadas e, principalmente, o direito ao erro.

Para que a abordagem investigativa ocorra efetivamente e obtenha sucesso no processo de ensino, é necessário que o professor não ocupe a papel de transmissor do conhecimento e execute a função de mediador do processo, intervindo em momentos que houver necessidade (BORGES, 2002). É o professor quem deve realizar e mediar as discussões a respeito das informações importantes e necessárias para que permita a execução do problema proposto para os alunos, sejam conceituais ou procedimentais (GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996).

Visões mais recentes, como a apontada por Duschl (2009 apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), indicam que o laboratório didático juntamente com as atividades investigativas, valorizem o “como” nós conhecemos, ao invés de o “quê” nós conhecemos. As evidências e explicações devem ser sobrevalorizadas perante o ensino de conteúdos, assim como o raciocínio com e sobre os conceitos deve ser potencializado frente a demonstração dos mesmos, e, ainda, a construção de uma visão que enfatize a elaboração de modelos e a observação norteada por uma teoria à visão que saliente apenas a observação e a “experimentação pela experimentação”.

Em suma, as atividades investigativas favorecem o alcance do entendimento da ciência e o desenvolvimento de raciocínio científico pelos alunos, além de possibilitarem a aprendizagem de conceitos de Química. É dessa forma que entendemos a experimentação como um meio de atividade humana, tendo em vista que ela possibilita o contato do sujeito (aluno) com o objeto e mundo (conteúdo químico), quebrando a relação direta. A partir disso, escolhemos a Teoria da Atividade para nortear a análise de apreensão do conhecimento químico e o processo humano envolvido na aprendizagem.

6.3 A TEORIA DA ATIVIDADE

A Teoria da Atividade, proposta por Leontiev, é de certa forma, um desdobramento da Abordagem Histórico-Cultural de Vigotski e seu grupo “tróika” (Vigotski, Leontiev, Luria, Davidov e outros). Ela não é contraditória a essa abordagem e nem é a única possibilidade de desdobramento da mesma. Vigotski já falava de atividade (TUNES; PRESTES, 2009). O conceito de atividade no estudo do desenvolvimento psíquico, por Vigotski, apresenta-se como: “...atividade socialmente significativa é o

princípio explicativo da consciência, ou seja, a consciência é construída de fora para dentro por meio de relações sociais” (ASBAHR, 2011, p. 109).

Posto isto, é necessário considerar o contexto em que a Teoria da Atividade surge, o qual se dá em uma abordagem histórico-cultural. Sendo assim, é necessário compreender os conceitos de aprendizagem, desenvolvimento, mediação e suas relações propostos por essa abordagem, que surge no contexto marxista do materialismo dialético.

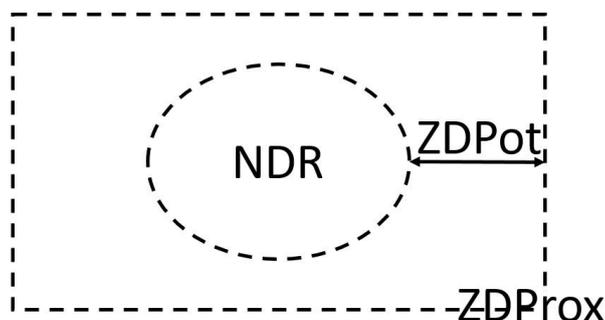
Vigotski (2010) afirma que o desenvolvimento cognitivo do sujeito é resultado de um processo social, cultural e histórico, pois compreende o homem em suas relações com o meio social. E é a partir dessas relações advindas da sociedade e através da cultura que acontece a aprendizagem, ou seja, a aprendizagem ocorre por meio da interação social. Ao afirmar sobre as relações entre aprendizagem e desenvolvimento, de acordo com o autor (2007), é preciso compreender como estão relacionados aos processos educacionais. Aprendizagem e desenvolvimento estão intrinsecamente relacionados desde o nascimento da criança, sendo que a aprendizagem inicia-se antes mesmo das situações escolares.

A aprendizagem pré-escolar difere-se da aprendizagem escolar de maneira que esta última propõe algo novo no desenvolvimento do sujeito. Desta maneira, Vigotski explica as dimensões da aprendizagem ao descrever os conceitos de **Zona de Desenvolvimento Proximal**, **Nível de Desenvolvimento Real** e **Zona de Desenvolvimento Potencial**.

O **nível de desenvolvimento real** representa as funções mentais desenvolvidas do sujeito e que se colocam como resultado de ciclos concluídos de desenvolvimento, de forma que o que o sujeito consegue realizar independentemente, ou seja, tudo que o sujeito realiza sem auxílio dos pares, encontra-se no nível de desenvolvimento real (**NDR**). Já a **zona de desenvolvimento proximal (ZDP)** é definida como a **distância** entre o nível de desenvolvimento real e o **nível de desenvolvimento potencial**. Este, por sua vez, representa as funções mentais em processo de maturação, e que, posteriormente, amadurecerão. Nas palavras de Vigotski, o nível de desenvolvimento potencial é determinado pela resolução de um problema auxiliado por um adulto, ou em colaboração com um par superior – ou seja, um sujeito mais capaz – e que, futuramente, será capaz de realizar de forma independente. A zona de desenvolvimento proximal não deve ser entendida como região estática e dependente apenas do desenvolvimento biológico dos indivíduos, mas sim como uma região que é modificada a partir de novas interações e, conseqüentemente, de novos conceitos aprendidos ou significados negociados, a cada atividade social gerada coletivamente. Abaixo, apresento um esquema dos níveis

propostos pelo autor. Vale atentar-se para o fato de que os níveis apresentados por Vigotski devem ser compreendidos como princípios explicativos de aprendizagem, e não enquanto instrumentos que delimitem, de maneira fragmentada, determinados níveis:

Figura 1 – Representação esquemática dos conceitos de Zonas criados por Vigotski.



Fonte: Do autor.

Em suma, NDR representa o desenvolvimento de forma retrospectiva, e de outro lado, ZDP representa o desenvolvimento mental de forma prospectiva, a distância entre as tarefas que o sujeito realiza independentemente e o que realiza com o auxílio de outras pessoas. Então, a ZDP “não deve ser entendida como uma abstração indissociável da vida de quem a produz. É na ZDP que a característica prático-crítica da ação humana pode desenvolver-se, levando ao desenvolvimento no seu sentido mais amplo...” (CAMILLO, 2011). Magalhães (2009, apud CAMILLO, 2011, p. 35) afirma ainda que a ZDP é “o espaço compreendido entre o que os participantes ‘são’ e ‘o que estão em processo de tornar-se’ – é a relação entre ‘ser’ e ‘tornar-se.’”.

Um aspecto central dos estudos de Vigotski (2010), e que se faz necessário entender, é que os processos de desenvolvimento e aprendizagem não são coincidentes, de forma que a aprendizagem prediz o desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento segue a aprendizagem, o que cria a zona de desenvolvimento proximal, ao estabelecer a unidade de aprendizado e dos processos internos de desenvolvimento. A zona de desenvolvimento proximal é criada ao existir uma atividade que possibilite a interação entre alunos e professor, e permite considerar os conhecimentos apresentados pelos pares e o confronto de tais ideias por diferentes pontos de vista.

De acordo com Vigotski, a relação do homem com o mundo é uma **relação indireta**, porque ocorre a partir de mediações e não de forma direta. Entende-se por mediação a introdução de um terceiro elemento na relação direta “estímulo” – “resposta”,

tornando-a indireta. É a mediação entre o homem e o mundo que desenvolve as funções psicológicas do homem enquanto humano, sendo que os elementos mediadores podem ser de duas naturezas: instrumentos ou signos. Instrumento é aquilo que proporciona mudanças externas por permitir a ampliação de possibilidades de intervenção na natureza, é um “condutor da influência humana sobre o objeto da atividade (...), orientado externamente (...) [levando a] mudanças nos objetos”, enquanto que signo é o que apresenta função de auxiliar o homem em atividades psíquicas e “não modifica em nada o objeto da operação psicológica (...) é orientado internamente” (VIGOTSKI, 2007, p. 55). Exemplos de instrumentos são as facas e os martelos, porque a partir das facas, podemos cortar um alimento melhor do que com as mãos. Um sinal de caneta feito na mão para lembrar uma atividade a ser executada no decorrer do dia é um signo, por exemplo (REGO, 2007). Ao pensarmos em Química, uma balança é considerada um instrumento, pois mede quantidades de substâncias em massa, melhor do que nós mesmos; enquanto a tabela periódica é um signo, representando significado e carregando uma série de informações.

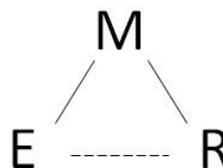
Instrumentos mediadores não possuem sentido único de ação, logo, ele tem a capacidade de agir sobre o indivíduo que dele se apropria ao utilizá-lo, modificando o objeto, a estrutura da atividade e o próprio sujeito, inclusive, o que é representado pelo materialismo histórico e dialético.

Figura 2 – Relação direta



Fonte: Do autor.

Figura 3 – Relação mediada



Fonte: Do autor.

O exemplo explicativo das figuras acima é o seguinte:

- a) A figura 2 ilustra uma situação sem mediação: memorizar algo sem mediação exige esforço mental que conecte o estímulo E à resposta R de forma direta;
- b) A figura 3 ilustra uma situação em que há mediação: como exemplificado acima, uma marca de caneta na mão, pode servir de recurso mnemônico para facilitar a memorização, portanto, a relação direta estímulo-resposta, é substituída por outras duas relações: estímulo-instrumento mediador e instrumento mediador-resposta.

A principal característica da mediação é a inserção de um terceiro elemento na relação bilateral direta “Estímulo-Resposta” de qualquer atividade. O instrumento inserido torna a relação indireta. O estímulo (instrumento mediador) fornece à operação psicológica formas qualitativamente novas e superiores, permitindo que os seres humanos controlem o próprio comportamento com o auxílio de estímulos intrínsecos (VIGOTSKI, 2007). As formas qualitativamente novas e superiores da operação psicológica podem ser chamadas de faculdades mentais superiores e, entendidas como: desenvolvimento do pensamento verbal, da memória, lógica e atenção seletiva.

Para Vigotski, a linguagem é constitutiva do ser humano, e além disso, representa o instrumento psicológico por excelência. O autor dedica atenção para como o aparecimento da linguagem é capaz de alterar e controlar o fluxo da atividade mental. Afirmar, ainda, que as relações entre sujeito e objeto são mediadas e circunstanciadas por um motivo, visando obter determinados resultados.

Vigotski distingue dois tipos de instrumentos mediadores: os técnicos e os psicológicos. Não existe uma dicotomia entre ambos, muito menos entre instrumentos de ação e de pensamento. O autor dedica-se ao estudo aprofundado de instrumentos psicológicos como a linguagem (2001). Vigotski afirma, de acordo com Oliveira (2006 apud SILVA, 2013) que ocorrem algumas mudanças na evolução da espécie humana e no desenvolvimento do sujeito no que tange ao uso dos signos. Em um primeiro momento, a utilização de marcas externas é denominada por processo de internalização, em processos internos de mediação. O segundo momento é marcado pelo desenvolvimento dos sistemas simbólicos que organizam os signos em estruturas complexas e articuladas.

A escola, no papel do professor, é responsável, também, pela mediação, representando uma função social de grande importância, tendo visto as relações existentes no meio, pois proporciona uma aprendizagem maior e melhor para os alunos a partir do diálogo e das interações com os pares. Em contexto escolar, o professor desempenha o papel de interventor a partir do momento que opera nas zonas de desenvolvimento – potencial e proximal – dos alunos, já que ele é um par mais capaz, por apresentar maior experiência e mais informações, podendo tornar o patrimônio cultural formulado pelos homens mais acessível aos alunos.

Considerando que a constituição social, cultural e histórica dos sujeitos desempenha um papel central para entender o processo de aprendizagem e as relações com o objeto proporcionadas pela experimentação, optou-se por escolher como referencial teórico a Teoria da Atividade Histórico-Cultural. Os aspectos unicamente

biológicos do ser homem, enquanto animal, são ultrapassados e estão coordenados pelos processos sociais, culturais e históricos, de forma que é possível entender o ser humano em uma concepção ampla, que transcende o indivíduo particular, colocando-o em uma perspectiva dialética e histórica. O ser humano não é mais um ser unicamente orgânico, e adapta-se ao mundo e aos pares nele inseridos. Os processos mentais, cognitivos e linguísticos deixam de ser propriedade de um indivíduo e passam a ser resultados de processos constituídos na relação com o mundo, no outro e pelo outro. De tal forma, o ser humano é um ser prático (LEONTIEV, 1978a).

É neste sentido que Vigotski afirma que o significado das palavras não é interior, mas fruto de uma relação social, cultural e histórica. Essa relação é primeiramente exterior, para posteriormente ser internalizada, alimentando uma tensão dialética interno-externo (VIGOTSKI, 2007). É na zona de desenvolvimento proximal que ocorre a externalização-internalização e que os significados podem ser negociados; portanto, o ensino deve estar à frente do nível de desenvolvimento real do indivíduo, provocando desequilíbrio, para, então, estimular o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos. É esse significado não estático das palavras que as caracterizam como signos, e sua constante evolução de sentidos e significados que as tornam produto ideológico. É por isso que em um contexto social específico, os signos tornam-se polissêmicos, logo o sentido é dependente do quanto está mergulhado em uma ideologia.

Por mais estabilidade que o significado dos signos tenha aparentemente, eles adquirem tantos sentidos quantos forem os contextos específicos em que estão sendo utilizados. Pode-se exemplificar com a seguinte situação proposta por Camillo (2011): a palavra “terra” possui um significado bem estabelecido para aqueles que falam o português, porém, para um morador e trabalhador rural sem-terra, a palavra “terra” adquire um significado bem distinto daquele dado por um morador de uma cidade grande. Logo, o sentido da palavra é determinado por seu contexto. É neste sentido que o diálogo é mediado e situado pelo contexto imediato dos sujeitos participantes, contexto este que pode evoluir com o diálogo. Cada enunciação está na iminência de receber uma resposta, mesmo que distante no tempo ou no espaço. O enunciado, portanto, traz consigo multiplicidade de vozes que pertencem à mesma ideologia.

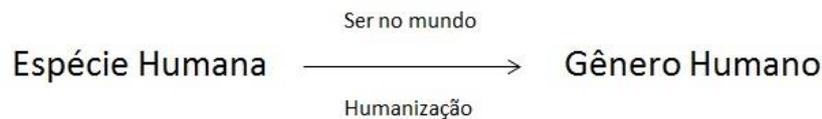
É de maneira dialética que o professor deve exercer mediação sobre os alunos para que a aprendizagem dos sujeitos, ou o processo de ensino-aprendizagem promova o desenvolvimento do sujeito, associadamente. Para que ocorra de fato a mediação e esta, por sua vez, influencie a aprendizagem, é necessário que o professor conheça os limites

da ZDP durante o planejamento e durante a realização da atividade educacional em si, também, ocorrendo uma influência potencial.

Os seres vivos, desde o nascimento, são influenciados pelos outros pares – chamo aqui de pares, aqueles indivíduos semelhantes a ele, ou seja, outros humanos, participantes do processo de humanização do indivíduo – objetivando contemplar necessidades culturais e psicológicas de apropriação, diferentemente dos animais, responsáveis por ampliar a zona de desenvolvimento proximal dos pares. De maneira geral, estes, para saciarem necessidades biológicas ou adaptarem-se, dispõem de recursos que são próprios de sua espécie – dentes afiados, camuflagem, venenos, garras adaptadas – enquanto os seres humanos necessitam desenvolver funções mentais superiores. Outro aspecto que diferencia a atividade dos homens da atividade dos animais é que aqueles são capazes de agir conscientemente sobre o meio que os cerca, já objetivando o resultado final da atividade. Estes por sua vez modificam o meio à sua volta de maneira muito restrita (MARX, 1983).

Neste caminho de modificação, o sujeito acaba se modificando ao modificar o mundo e passa a ser mais do que uma espécie biológica, puramente. Ao agir sobre o mundo e experimentá-lo, o sujeito passa a outro tipo de evolução que vai além da biológica: a evolução cultural. A evolução biológica continua a ocorrer em concomitância com a cultural, porém em um cenário mais discreto. Ela não é mais a principal evolução para a constituição do gênero humano. Não são as leis biológicas que vigoram, e sim as culturais – psicológicas (LEONTIEV, 1978a).

Ao sujeitarem-se à evolução biológica, não é possível falar de mundo e atividade sem falar do homem e sua ação. O mundo atual é fruto de atividade humana passada e os produtos que foram objetivados em atividades das gerações passadas passam a fazer parte do mundo dos novos indivíduos, que, por sua vez, o transformarão e construirão modificando ou não suas características, de acordo com as necessidades e melhorias necessárias, facilitando a utilização dos objetos. Logo, ao se apropriarem e darem sentido às coisas do mundo, os sujeitos se constituem como sujeitos do gênero humano e alcançam potencialidades antes desconhecidas quando a espécie humana era submetida apenas à evolução biológica, anterior à evolução cultural. Esta última é alcançada a partir da relação do sujeito com o mundo e com os pares, pela cultura, constituindo-o ser humano no sentido lato do termo. É esse processo de humanização que leva os indivíduos da espécie humana a adentrarem no gênero humano.

Figura 4 – Gênero Humano e o processo de humanização

Fonte: CAMILO (2011, p. 26).

Vigotski coloca que o ser humano é um conjunto de relações incorporadas em um indivíduo. Isso posto, entende-se que a mente humana é formada socialmente, ou seja, o homem se constitui na relação com o mundo e os pares que o cercam. Mundo esse, das relações sociais, históricas e culturais. Essa é a “lei genética geral do desenvolvimento cultural” de Vigotski: primeiramente, as funções psicológicas são frutos de relações entre os sujeitos, ou seja, frutos da esfera intermental a partir de interações sociais, posteriormente, serão internalizadas pelo sujeito para uma esfera intramental. Sendo assim, o foco deve ser o meio social e as práticas culturais em que está inserido e não o indivíduo isolado.

Logo, a significação é dependente das práticas sociais e independente da relação individual, já que se constitui em um sistema já pronto, que se relaciona aos sentidos pessoais dados a tais significados. Os sentidos relacionam-se entre o “que o incita a agir e aquilo para o qual a sua ação se orienta como resultado imediato (...), o sentido consciente traduz a relação do motivo ao fim” (LEONTIEV, 1978a, p. 103). O autor afirma que as significações não possuem existência fora dos cérebros humanos e que não existe um reino de significações “independente e comparável ao mundo platônico das ideias” (p. 101), portanto, as mesmas não são algo puramente psicológico. De tal forma não se pode opor uma significação lógica e objetiva, em geral, a uma significação na consciência de um indivíduo, enquanto significação psicológica particular. “A diferença não é entre o lógico e o psicológico, mas entre o geral e o particular, o individual” (p. 101). Retira-se das ideias do autor que o conceito não deixa de ser conceito quando se torna de um indivíduo, já que um conceito não existe fora de uma pessoa. Para Vigotski (2001), por outro lado, conceito é um ato de generalização, que depende de complexos processos psicológicos, que vão de uma vaga noção até sua completa assimilação.

É neste sentido que se deve aprofundar o entendimento da estrutura da atividade humana, que é mediada por artefatos culturais, em que os signos e conceitos são instrumentos de mediação no mundo. A atividade humana é marcada pela principal característica: ela é consciente, ou seja, é a partir da consciência que se formula um

resultado ideal como ponto de partida e uma intenção de adequação para o modelo ideal originário.

Para Davydov (1982), ter consciência das operações mentais a serem realizadas significa reconstituí-las, primeiramente, na imaginação, o que está relacionado com a generalização de processos psíquicos. A conversão da consciência na própria atividade planeja o tipo especial de generalização que está nas formas superiores do pensamento humano. O pensamento teórico é construído a partir da apropriação dos conhecimentos científicos:

O conteúdo do pensamento teórico é a **existência mediatizada**, refletida, essencial. O pensamento teórico é o processo de idealização de um dos aspectos da atividade objetivo-prática, a reprodução, nela, das formas universais das coisas. Tal reprodução tem lugar na atividade laboral das pessoas como peculiar experimento objetivo-sensorial. Logo, este experimento adquire, cada vez mais, um caráter cognoscitivo, permitindo às pessoas passarem, com o tempo, a realizar os experimentos mentalmente (p.125, grifo nosso).

É desta forma que o autor afirma que o conhecimento teórico é o objetivo principal da atividade de ensino, possibilitando o desenvolvimento psíquico ao expressar a realidade em forma de conceitos. De tal forma, afirmo que para haver tal movimento, é necessário um motivo, despertando a dinamicidade na atividade.

Leontiev (1978b) afirma que a atividade humana se estrutura a partir de uma necessidade – seja ela de domínio biológico (como a fome) ou cultural (como o desejo por aprender um novo conceito), ressaltando que elas apresentam completa interconexão. O movimento de saciar as primeiras necessidades leva ao surgimento de outras necessidades, diferentes, mas relacionadas às condições materiais da vida humana. É a contínua contradição interna e externa que se faz presente que dá a dinâmica à atividade.

As primeiras ideias sobre o conceito de Atividade, da Teoria de Leontiev, estão relacionadas à concepção de mediação apresentada por Vigotski. De acordo com o autor, toda ação do homem é mediada, seja por instrumentos técnicos, seja por instrumentos psicológicos. É importante ressaltar que não existe uma divisão dicotômica entre os dois tipos de instrumentos: técnicos e psicológicos. Eles são artefatos produzidos culturalmente, já que não são interpostos pela natureza, portanto, carregam consigo marcas das gerações humanas passadas e também de sua atividade. Leontiev analisa:

O mundo real, imediato, do homem, que mais do que tudo determina sua vida, é um mundo transformado e criado pela atividade humana. Todavia, ele não é dado imediatamente ao indivíduo, enquanto mundo de objetos sociais, de objeto encarnando aptidões humanas formadas no decurso do desenvolvimento da prática sócio-histórica enquanto tal **apresenta-se a cada indivíduo como um problema a resolver**. É isto que explica que quando se colocam objetos da cultura material humana na gaiola de um animal, se bem que eles não percam evidentemente qualquer das suas propriedades físicas, torna-se impossível manifestações das propriedades específicas que estes tem para o homem; eles aparecem como simples objetos de adaptação ou de equilíbrio, isto é, como elemento do meio natural do animal (LEONTIEV, 1978a, p. 178, grifo nosso).

O autor quer dizer que até mesmo os artefatos técnicos carregam impressões da cultura humana e da atividade da qual se originam. Um martelo, por exemplo, é um instrumento técnico carregado de significado cultural, de forma que aquele que queira utilizá-lo deve conhecer a história cultural da ferramenta ou, no mínimo, um detalhe da atividade para qual esta ferramenta foi criada. Se não, o martelo será apenas um pedaço de metal preso a outro pedaço de madeira, e poderá adquirir função divergente daquela idealizada pelo verdadeiro uso do martelo: quer seja bater pregos ou afundar algum objeto.

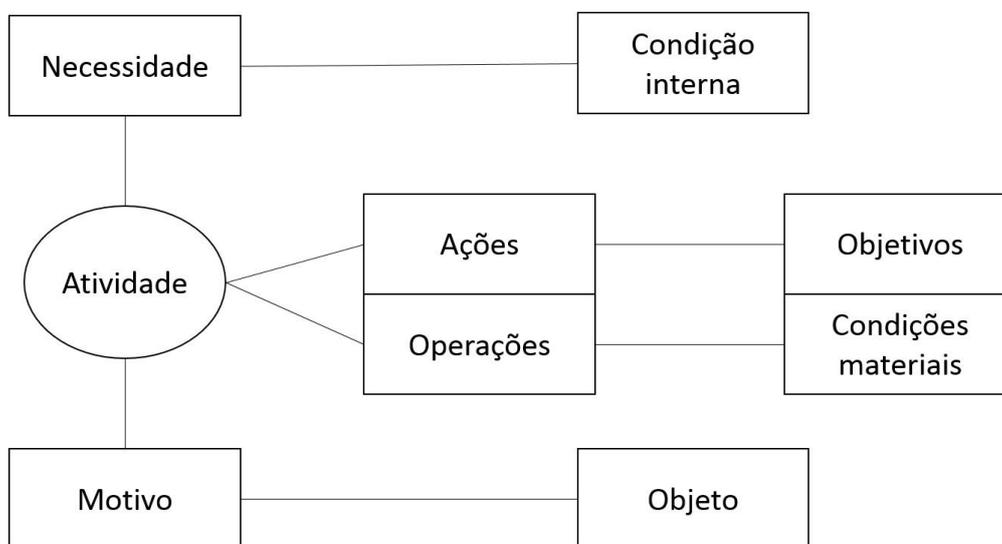
Camillo (2011) atenta para o fato de que os instrumentos mediadores alteram completamente o fluxo ou a dinâmica da atividade, ou seja, modificam as condições de vidas anteriores à mediação, que antes era realizada na ausência da mediação de tais instrumentos. O instrumento modifica tanto o indivíduo quanto o objeto da atividade, dialeticamente.

O autor da Teoria da Atividade, Leontiev, define atividade como: “os processos psicologicamente caracterizados por aquilo a que o processo, como um todo, se dirige (seu objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar essa atividade, isto é, o motivo” (LEONTIEV, 1978a, p. 68). A atividade também pode ser entendida como “aqueles processos que, realizando as relações do homem com o mundo, satisfazem uma necessidade especial, correspondente a ele” (VYGOTSKY; LURIA & LEONTIEV, 2001, p. 68). Destarte, a atividade deve produzir significados para o sujeito. Os sentidos são possíveis a partir de conteúdos específicos (objetos), que, por sua vez, são entendidos como forma consciente de um desejo social, revelando a crença de que é possível potencializar a habilidade de resolver problemas oriundos no convívio social,

melhorando, portanto, padrões éticos e culturais (MOURA, 2001). A disseminação do conteúdo é o que deve ser o fator majoritário da motivação.

Segundo Leontiev, a atividade é constituída de ações e operações que coordenam-se em níveis diferentes para promover um nível superior na hierarquia. As operações estão relacionadas às condições instrumentais e, sendo inconscientes, automatizadas, coordenadas, gerarão as ações, com fins específicos, que, por sua vez, coordenadas, comporão a atividade maior, com seu motivo, assim como ilustra a figura abaixo:

Figura 5 – Estrutura da atividade.



Fonte: Do autor.

As operações são constituídas por atividades já internalizadas (residentes no NDR, realizadas de maneira mais automática, sem necessidade de deter-se atentamente a elas) e que dão suporte às ações situadas em um nível hierárquico superior.

O entendimento das ações se dá a partir do entendimento do motivo geral da atividade. Este está diretamente relacionado com a satisfação de uma necessidade. É ele quem dispara o sujeito a agir a partir de uma necessidade:

A primeira condição de toda a atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação concreta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra a sua determinação: deve por assim dizer encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se “objetiva” nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula (LEONTIEV, 1978a, p. 115).

É a busca pela satisfação de uma necessidade real que gera nos sujeitos um plano de ação objetivando concretizá-la. As ações realizadoras da atividade são estimuladas pelo motivo disparador. Leontiev (1978a, p. 84), em sua obra “O desenvolvimento do psiquismo” apresenta o seguinte exemplo para ilustrar essa questão: um homem tem a necessidade de se alimentar para saciar a fome. Para realizar a atividade, é preciso um motivo que dispare o plano de ações para executá-la; o motivo, então, é ir em busca de alimentos. Se um grupo primitivo vai à caça, pode, por exemplo, a partir da divisão do trabalho apontada por Marx, escolher um membro do grupo para que espante o animal com o intuito de levá-lo a um local onde outros caçadores irão apanhá-lo e capturá-lo para saciar a fome. Se a ação do indivíduo que espanta o animal for analisada individualmente, ela contradiz o objetivo geral da atividade que é capturar a presa, mas a interpretação se dá de maneira mais complexa e a nível coletivo. O sentido da ação transcende o individual e encontra-se sobre as relações sociais entre todos os participantes da atividade, expressas na divisão social do trabalho.

Dalri e colaboradores (2007, p. 6, apud CAMILLO, 2011, p. 46) fornece outro exemplo que ilustra muito bem a estrutura da atividade de um agricultor:

[...] O agricultor tem a necessidade de se alimentar e alimentar sua família – uma necessidade básica de todo o ser humano. O motivo da atividade de plantar é saciar a fome. Mas para obter o alimento, ele precisa preparar a terra, plantar as sementes, cuidar da plantação até ela estar pronta para a colheita e, então, os frutos serem preparados/beneficiados e ficarem próprios para o consumo. Essas ações (preparar a terra, lançar as sementes, etc.) não conduzem diretamente ao alimento; elas têm um fim específico (preparar a terra – deixar a terra pronta para receber as sementes) que não coincide com o motivo da atividade geral que é saciar a fome. Mas, conjuntamente, essas ações realizam a atividade. Ainda temos as operações, que realizam as ações e, estas, a atividade. No caso do agricultor, quando prepara a terra ele executa outras “pequenas ações” – manusear o arado, por exemplo -, com fins também específicos, as quais chamamos operações.

E assim entende-se que a consciência se forma a partir da vida real, da estrutura da atividade da qual os sujeitos participam. Mais uma vez, Leontiev esforça-se em mostrar que a estrutura da atividade corresponde a uma estrutura psíquica que se conserva nas diferentes etapas da consciência humana. Podemos entender, então, que a Teoria da Atividade é desdobrada do esforço por construção de uma abordagem histórico-cultural fundamentada na filosofia marxista.

Para encerrar o disposto sobre a teoria em questão, é válido apresentar uma pequena síntese descrita na literatura, em cinco pontos fundamentais:

- 1) A atividade humana é sempre coletiva e os sentidos emergem das relações existentes entre os indivíduos;
- 2) O ser humano ao agir sobre o mundo sempre o faz por meio de instrumentos mediadores, que são construções/objetivações histórico-cultural, cuja capacidade instrumental somente se realiza na atividade humana e não são universais;
- 3) Existe relação direta entre a atividade humana e seu psiquismo, de maneira que são transcendidas as concepções do biológico e mental, do pensar e do fazer;
- 4) A atividade humana apresenta historicidade. Ela não é estática no tempo. Ela evolui e é ao mesmo tempo condicionada (jamais determinada) pelo passado e pelo devir;
- 5) As contradições que continuamente se instauram é que possibilitam a dinâmica da atividade humana (CAMILLO, 2011, p. 54, 55).

Em suma, a atividade humana é sempre coletiva e o sentido repousa sobre as relações estabelecidas entre os pares participantes, formando o humano por meio da atividade. A necessidade, que é refletida pelo motivo e que coordenará por sua vez as ações e operações, estrutura a atividade humana. E são as buscas pela superação das contradições que dão dinâmica de (re)construção e desconstrução da atividade.

Um trabalho é considerado atividade – que gera desenvolvimento – para o sujeito se, e somente se, os motivos forem coincidentes com o objeto.

7 METODOLOGIA

O capítulo inicia-se com a apresentação da questão de pesquisa, seguida das hipóteses e dos objetivos – geral e específicos – do trabalho. Em sequência, está a descrição da abordagem metodológica que pauta esta pesquisa, detalhando os instrumentos de coleta de dados, os sujeitos participantes da pesquisa e sua caracterização, e, finalmente, o procedimento adotado para a aplicação do projeto.

7.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Como tratado no capítulo anterior, grande parte dos trabalhos publicados sobre a experimentação no Ensino de Química, apresentam roteiros experimentais prontos, para simples aplicação. Por mais contextualizados que sejam tais experimentos, deve-se atentar para o fato de que são experimentos tradicionais, com o roteiro procedimental pré-definido, o que se acredita ser responsável por restringir o desenvolvimento de algumas habilidades cognitivas nos alunos (habilidades cognitivas de alta ordem e faculdades mentais superiores). Permanece, portanto, uma lacuna no que se refere à abordagem investigativa dos experimentos em aulas de Química, ainda mais ao se considerar a Teoria da Atividade de Leontiev, que é o principal referencial teórico do presente trabalho.

Sendo assim, apresenta-se a questão de pesquisa:

De acordo com a Teoria da Atividade, de que forma a experimentação investigativa, enquanto instrumento de mediação, contribui para a aprendizagem de conceitos químicos?

7.2 HIPÓTESES

- a) A atividade experimental investigativa contribui para a interação professor-aluno e aluno-aluno porque promove, durante os episódios, discussão, participação e encurtamento de relações entre os sujeitos;
- b) A experimentação investigativa permite a explicitação e, portanto, a clarificação, dos objetivos de ensino e dos objetivos de aprendizagem. Professor e alunos executarão a proposta do experimento tendo em vista a mesma objetivação, relacionando teoria e prática em uma via de mão dupla;
- c) Pelo fato da experimentação investigativa proporcionar interação, pode contribuir com a aprendizagem de conceitos, que para Vigotski, se dá através de construções culturais, agrupando os objetos de acordo com atributos. Para o domínio dos conceitos, são necessárias as generalizações e a abstração, conseguidas através da mediação da linguagem (a palavra é signo mediador, que depois de ser meio na formação do conceito, será símbolo);
- d) A experimentação investigativa, sob a ótica da Teoria da Atividade e da abordagem histórico-cultural, contribui para a aprendizagem de conteúdos químicos, tais como solubilidade, polaridade, forças intermoleculares e fluorescência.

7.3 OBJETIVOS

Tendo em vista a importância da experimentação enquanto uma estratégia para o Ensino da Química, não se desvinculando teoria e laboratório (ZANON; SILVA, 2000), pode-se dizer que as atividades experimentais facilitam o processo de ensino-aprendizagem quando realizadas de maneira contextualizada, problemática e investigativa. Neste sentido, seguiu-se como objetivo geral da referida pesquisa:

Investigar e analisar as contribuições da experimentação investigativa, enquanto instrumento mediador, para a aprendizagem dos conteúdos químicos

“forças intermoleculares”, “solubilidade” e “luminescência” à luz da Teoria da Atividade de Leontiev, sustentada pela abordagem histórico-cultural de Vigotski.

Seguem-se, então, os objetivos específicos:

Reconhecer as necessidades dos alunos através de acompanhamento em sala de aula e discussão com os mesmos, utilizando o diário de campo para anotações;

Elaborar episódios de ensino utilizando a experimentação investigativa como instrumento mediador da aprendizagem, tendo em vista o caráter objetal da atividade humana;

Aplicar os episódios de ensino em blocos de aulas fornecendo o subsídio necessário para que os alunos, quando estimulados pela experimentação investigativa, possuam, na zona de desenvolvimento proximal, condições de apresentar hipóteses procedimentais a fim de solucionar a problemática apresentada enquanto necessidade da atividade;

Propor atividades experimentais de caráter investigativo que desperte necessidade nos alunos para o engajamento em uma atividade de aprendizagem, em que o motivo é a apreensão de conteúdos químicos previamente selecionados pelo professor e compartilhado com os alunos;

Interpretar os dados através da transcrição das gravações e análise dos questionários e do diário de campo, para identificar a contribuição da experimentação investigativa em situações de atividade;

Inferir sobre a potencialidade da experimentação investigativa utilizada em uma abordagem histórico-cultural.

7.4 O PERCURSO METODOLÓGICO

Para alcançar os objetivos e objeto de pesquisa do presente trabalho, a metodologia empregada durante a aplicação da pesquisa e análise e tratamento dos dados foi de natureza qualitativa. A pesquisa qualitativa em educação procura buscar, no campo dos significados das ações humanas, o que não é perceptível através das estatísticas, mas sim, através da descrição, observação, interpretação e estudo de um fenômeno em profundidade (BOGDAN; BIKLEN, 2000). É a partir das percepções sobre a convivência dos sujeitos com seus pares e com o mundo, que o pesquisador deve voltar sua atenção.

A metodologia qualitativa desta pesquisa foi viabilizada ao permitir a busca pela compreensão de tais fenômenos na ótica dos participantes, e só então situar a interpretação do mesmo. Os dados podem ser coletados através de notas de campo, registro fotográfico e audiovisual com suas respectivas transcrições, documentos pessoais e outros registros. É importante que os pesquisadores façam a análise utilizando a maior fidedignidade possível à forma como estes foram registrados ou transcritos.

7.4.1 Coleta de dados

A coleta de dados privilegiou a transcrição dos diálogos ocorridos durante as aulas de Química e o registro escrito dos sujeitos de pesquisa, com base na reflexão sobre o processo vivenciado. Prezou-se para que os sujeitos se sentissem úteis e tivessem clareza da importância de suas opiniões e respostas para a questão investigada. O pesquisador tentou evitar juízos de valor e julgamento de concordância ou não em relação às respostas e decisões dos sujeitos. É a tentativa pela neutralidade que é responsável por descrições o máximo fidedignas possíveis e relevantes para o trabalho em questão (STRAUSS; CORBIN, 2008). Deve-se considerar, entretanto, que ao fazer análise do conteúdo das falas conjuntamente ao vídeo das aulas, algumas inferências sobre os diálogos dos alunos, são realizadas a partir de sentimentos, silêncios e expressões corporais. Em suma, recorrerrei a um estudo das falas e dos registros escritos dos sujeitos participantes da pesquisa, obtidos através dos instrumentos de coleta de dados já citados. De acordo com Vigotski (2005), a linguagem exerce uma relação particular com o pensamento, de forma

[...] que a relação entre o pensamento e a palavra é um processo vivo; o pensamento nasce através das palavras. Uma palavra vazia de pensamento é uma coisa morta, e um pensamento despido de palavras permanece uma sombra. A conexão entre ambos não é, no entanto, algo constante e já formado: emerge no decurso do desenvolvimento e modifica-se também ela própria. (VIGOTSKI, 2005).

Desta forma, considera-se que o pensamento se materializa na palavra, enquanto a palavra só existe a partir de dado pensamento, o que nos indica o materialismo dialético

presente na pesquisa. As análises são feitas a partir dos questionários preenchidos e das falas embatidas na interação entre os pares.

7.4.2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa está dividida em três partes, representadas por três episódios de ensino diferentes. Os sujeitos de cada episódio são diferentes entre si, o que potencializa a afirmação de que os métodos utilizados são eficazes para construir conhecimentos de Química a partir da atividade de aprendizagem humana, promovida pela experimentação de caráter investigativo.

O primeiro episódio de ensino proposto configurou-se como um projeto piloto para que a metodologia empregada fosse validada a partir da análise dos dados de acordo com o referencial proposto. Portanto, os resultados apresentados são mais superficiais e não constituem o *corpus* da pesquisa. A sequência didática foi realizada durante os horários regulares das aulas de Química do segundo ano do ensino médio de uma escola da rede pública de Alfenas. A escolha de realizar as atividades nesta escola justifica-se pela participação do professor regular da disciplina no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID, enquanto supervisor dos trabalhos na escola; pelo fato do pesquisador ter sido pibidiano na mesma escola e, inclusive, supervisionado por tal professor. Sendo assim, o pesquisador já conhece a realidade da sala de aula, além do contato com o professor e gestores, o que facilitou a comunicação entre os pares, para efetivação da pesquisa na escola a partir da vinculação pré-existente.

O segundo e terceiros episódios foram responsáveis por permitir a coleta de dados que está analisada de maneira mais aprofundada e, portanto, representam os resultados conclusivos ao referido trabalho, configurando-se como o *corpus* do trabalho.

De acordo com o tipo de pesquisa adotado, necessitou da colaboração tanto dos alunos quanto do professor responsável pela disciplina, configurando-se, então, como uma pesquisa do tipo colaborativa ou pesquisa-ação, sendo a pesquisa colaborativa, aquela quando um problema não-trivial é investigado e no qual a participação dos sujeitos é absolutamente necessária (BARBIER, 2007; THIOLLENT, 1998). Thiollent afirma que no ramo educacional, este tipo de pesquisa é difícil de ser encontrado devido às resistências e práticas engessadas, institucionais e dos professores.

A origem dessa metodologia de pesquisa é atribuída ao psicólogo Kurt Lewin, que a define como: “uma ação em um nível realista sempre seguida por uma reflexão autocrítica objetiva e uma avaliação dos resultados” (BARBIER, 2007, p. 29). Thiollent ressalta que a pesquisa-ação é uma flexibilização da pesquisa convencional, levando os sujeitos a refletirem sobre o processo e considerarem o saber espontâneo, destacando-se a seguinte definição formulada:

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

A pesquisa-ação pode focar a resolução de problemas, a tomada de consciência, ou ainda, a produção de conhecimento. Portanto, a pesquisa em pauta é uma pesquisa-ação, tendo em vista a absoluta necessidade de participação dos sujeitos na resolução de um problema não trivial.

A respeito da caracterização dos sujeitos que participaram do episódio 1: como citado, o primeiro episódio de ensino aconteceu durante as aulas regulares da disciplina de Química em uma sala de segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública. Portanto, a participação na pesquisa foi aberta a todos os alunos desta sala que gostariam de participar da mesma, a qual contaria com uma atividade experimental. Foi explicado que, para que os alunos participassem da sequência proposta de aulas e executassem o experimento, os mesmos deveriam assinar o termo de consentimento de participação da pesquisa, além de entregarem outro termo assinado pelos pais, ou responsáveis, referente à autorização de gravação de áudio e imagem dos sujeitos. Todos os alunos concordaram e entregaram os dois termos assinados, que se encontram arquivados para conferência.

Outro fator que deve ser explicado é o por quê de se ter selecionado esse segundo ano específico. Um dos motivos é que, de acordo com a teoria em questão, os alunos já deveriam dominar o conteúdo de “soluções” e “misturas”, e estarem na iminência de aprenderem o conceito de “solubilidade” e “forças intermoleculares”. Em outras palavras: os conceitos “soluções” e “misturas” deveriam estar contidos no Nível de Desenvolvimento Real, enquanto os conceitos “solubilidade” e “forças intermoleculares” estariam na Zona de Desenvolvimento Potencial.

7.4.2.1 O primeiro episódio

Para o início da coleta de dados uma carta de apresentação da pesquisa e autorização da Escola foi enviada à diretora (apêndice A). É importante falar que o pesquisador se vinculou aos sujeitos da pesquisa dois meses antes que ela ocorresse, objetivando minimizar efeitos de estranhamento durante o momento da coleta de dados, já que os alunos seriam filmados e poderiam, possivelmente, modificar seu comportamento para chamarem atenção do pesquisador.

No primeiro encontro, foi abordado o tema gasolina. Os alunos responderam o que sabiam sobre este tipo de combustível. As respostas foram formalizadas no quadro-negro e, após esse momento, foram discutidas juntamente com o pesquisador, algumas das respostas dos alunos. “Combustível”, “aquilo que explode”, “líquido amarelo” foram respostas obtidas por meio da discussão. Um material foi entregue na segunda metade da aula, contendo informações formais e científicas sobre gasolina, sobre a legislação da Agência Nacional de Petróleo, referente à quantidade de álcool etílico adicionada permitida e sua relação com a adulteração (apêndice B).

No segundo encontro, os alunos responderam, individualmente, o questionário pré-experimento, que se encontra no apêndice C. Com este questionário, pretendia-se obter informações sobre os assuntos a serem discutidos e identificar o que os alunos conheciam sobre os conteúdos de Química envolvidos.

O tema “mistura” foi abordado no terceiro encontro, e foi pedido aos alunos que dessem exemplos de misturas que conheciam e, também, definissem quais os componentes – ou os principais deles – estão presentes na gasolina. Ao final do terceiro encontro, foi formalizado do que a gasolina é composta. Assuntos como “ecologia”, “economia”, “biocombustível” e “biodiesel” permearam as discussões.

No quarto encontro, também, foi pedido aos alunos que se organizassem em grupos, propusessem um roteiro experimental, na forma de planejamento, apresentando possíveis procedimentos experimentais que pudessem ser adotados na próxima aula para que, principalmente, solucionassem a problemática apresentada: “Como saber se essa gasolina está adulterada?”. Os alunos entregaram esses roteiros para que o pesquisador pudesse analisá-los antes de executarem e levar vidrarias e reagentes condizentes com a proposta apresentada pelos alunos.

Logo no início do quinto encontro, foi entregue uma amostra de gasolina para cada grupo de alunos – formados na aula anterior. Antes que começassem a executar a proposta experimental realizada, o pesquisador conversou com todos os grupos, individualmente, para constatar se a proposta era, realmente, compatível com os materiais e reagentes disponíveis e se os alunos tinham claro, em mente, qual deveria ser o procedimento adotado e qual a melhor maneira de realizá-lo. Em suma, nesse encontro ocorreu a parte procedimental da experimentação investigativa, foi nesse momento que os alunos coletaram e interpretaram os dados para analisá-los, interpretá-los e inferir sobre a possível adulteração da gasolina.

No sexto e último encontro, os alunos apresentaram os resultados obtidos no encontro anterior para os outros alunos da sala, explicando passo a passo, o que fizeram e os cálculos realizados para se chegar à conclusão, além de responderem ao questionário pós-experimento que se encontra no apêndice D.

Cabe destacar que todos os alunos da sala concordaram em participar da pesquisa, apresentando o termo de consentimento livre e esclarecido assinado por eles e o termo de autorização de vídeo e áudio gravação para a pesquisa, devidamente assinado pelos pais.

7.4.2.2 O segundo episódio

Antes do início dos encontros, uma carta de explicação da pesquisa e pedido de autorização para coleta de dados, foi enviada à diretora da escola (apêndice E). O episódio aconteceu em seis aulas. O tema “Perfumes” foi o foco da discussão ocorrida na primeira aula. Foram abordados tópicos como: “o que é perfume”, “essência”, “óleos essenciais”, “mistura”, “classes de fragrâncias”, “resultado diferente em peles diferentes”. Foi fornecido um material de apoio que se encontra no apêndice F. No material consta discussão sobre métodos de obtenção de essências, diferença entre desodorantes, águas de cheiro, colônias, *eau de parfum*, atentando-se para o fato ambiental de exploração de espécies que correm risco de entrar em extinção, o que colabora com o desenvolvimento da criticidade e consciência ambiental nos alunos.

Na segunda aula, foi feita uma revisão sobre o que são perfumes e essências. Foram abordados os métodos de separação de mistura, já que foi discutido no primeiro encontro que os perfumes são misturas e que os óleos essenciais extraídos de produtos

naturais precisam ser separados do substrato (por exemplo: óleo essencial de limão precisa ser extraído do limão). Os alunos foram divididos em grupos de 3 ou 4 integrantes cada, para desenvolverem uma discussão sobre os métodos de separação. Foi pedido que cada grupo apresentasse a definição de cada método de separação citado anteriormente por eles em um momento anterior: “Qual método de separação vocês conhecem?”. Ao discutir sobre “destilação”, atentamos para o fato de não especificar os tipos – já que o procedimento ideal seria a extração por arraste a vapor. Os substratos a serem oferecidos seriam: cravo-da-índia, canela de pau, limão, laranja, maracujá, alecrim, capim limão, erva cidreira, manjerição, hortelã e losna. Neste encontro, os alunos responderam ao questionário 1 que se encontra no apêndice G. Este questionário objetiva identificar o que os alunos sabiam sobre o tema “perfumes”, e sobre os conceitos “solubilidade” e “mistura”, porque poderia ser utilizado como mais um instrumento para inferir sobre a experimentação ter sido adotada pelos alunos como uma atividade, de acordo com Leontiev.

O terceiro encontro se desenvolveu em torno da pergunta: “Como obter um óleo essencial?”. Os alunos foram instigados a, indiretamente, proporem um método de extração de óleo. Essa aula funcionou como um nivelamento para que no quarto encontro ocorresse a experimentação, de fato.

O quarto encontro objetivou que os alunos, individualmente, propusessem um roteiro procedimental do que fariam para obter um óleo essencial através de um substrato natural como flores, folhas, raízes e caules. No final da aula, eles responderam ao questionário 2, que se encontra no apêndice H, para que fosse possível verificar avanços na aprendizagem (ampliação da ZDP).

No quinto encontro, os alunos, divididos em grupos (os mesmos das aulas anteriores), realizaram a experimentação. O caminho procedimental deveria ser semelhante ao proposto por eles na quarta aula, e foram guiados pelo pesquisador. Eles escolheriam o substrato, para fazer a extração.

No sexto encontro, houve uma recapitulação sobre o conteúdo abordado nas cinco aulas anteriores. Logo após, foi pedido para os alunos, individualmente, fazerem um relato sobre as aulas, sobre o roteiro experimental planejado, sobre o roteiro experimental executado e sobre os resultados obtidos através da execução dos procedimentos. Por fim, houve um momento de socialização, em que os alunos e seus respectivos grupos apresentaram para os outros grupos, o produto obtido na experimentação, ou seja, o óleo essencial da matéria-prima escolhida.

A respeito da caracterização dos sujeitos que participaram da segunda parte da pesquisa, ou segundo episódio: foi realizado em horários diferentes daqueles em que as aulas de Química aconteciam. Os sujeitos da pesquisa são alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública diferente daquela escolhida para o episódio anterior. Dessa vez, a escola escolhida deveu-se ao fato de o pesquisador estar atuando como professor da disciplina, o que facilitaria a coleta de dados, já que qualquer estranhamento seria minimizado devido ao fato de o pesquisador estar vinculado à sala, na condição de professor dos alunos. Outro fator é que as aulas seguem um padrão de atividades contextualizadas e diferentes do tradicional, considerando que a aprendizagem tem início com a relação entre os pares, e, posteriormente, em um momento de interiorização, obedecendo a lei genética do desenvolvimento, proposta por Vigotski.

Como a pesquisa envolveu intervenção em situações de aprendizagem, procurando implementar e testar uma metodologia educacional nos moldes de laboratório aberto (experimentação investigativa), mas sobre tudo, pelo motivo de o professor também ser o pesquisador, tivemos de assumir o processo com responsabilidade, relatando-o de maneira fiel, minimizando efeitos de subjetividade para evitar distorções na leitura e interpretação dos dados.

A atuação enquanto professor esteve relacionada ao desenvolvimento de aulas no caráter proposto pela teoria histórico-cultural, para que, no momento da coleta de dados, os alunos estivessem acostumados com a metodologia empregada, e se sentissem livres para opinar e interromper o processo com reiteraões sobre o conteúdo ou mesmo dúvidas e discordâncias. É importante falar sobre a impossibilidade de separar os dois papéis, já que o professor era o pesquisador, e a pesquisa, nesse momento, se caracterizou como pesquisa participante. Durante os episódios procurei não trabalhar com os dados para evitar comprometimento dos mesmos. Eles foram organizados e interpretados somente após o fim do episódio, posteriormente a um tempo de espera, como pede a análise de conteúdo, explicada mais adiante.

7.4.2.3 O terceiro episódio

O episódio aconteceu dividido em cinco encontros com duração de 3 horas cada. A objeto central de estudo é a luminescência. A atividade de aprendizagem foi

estabelecida a partir do momento em que os alunos tomarem a problemática apresentada na proposta experimental investigativa como necessidade disparadora para a busca de soluções. Em contrapartida, a atividade orientadora de ensino teve início desde o planejamento das aulas, escolha do objeto de estudo e ações tomadas para que a apresentação de propostas aos alunos seja motivo da busca de soluções e mobilização para apreensão consciente de conceitos de Química.

A primeira aula teve como foco da discussão o conceito de “luz”. Os alunos deveriam compreender que a luz não é matéria, mas energia, podendo ser de fonte natural ou artificial; conhecer os diferentes tipos de lâmpadas, considerando que as mesmas são fontes artificiais de fornecimento de luz; entender o funcionamento das lâmpadas de luz negra, assim como sua utilidade e peculiaridades do espectro eletromagnético. Foi fornecido um material didático previamente elaborado que se encontra no apêndice I. Ao final da aula, os alunos responderam a um questionário diagnóstico sobre luminescência, incluindo seus diferentes tipos, no apêndice J.

Na segunda aula, foram abordados em linha histórica, os modelos atômicos e sua evolução, passando por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, respectivamente. O primeiro, propõe um modelo simplista, considerando que o átomo é apenas a menor parte da matéria, indestrutível, preenchida e esférica. Após outros trabalhos, descobriu-se nova característica dos átomos que deveria ser incorporada ao modelo proposto, reformulando-o, sendo essa as cargas elétricas. Thomson apresenta um novo modelo que por sucessivas vezes é modificado. O foco de estudo, para essa aula, é o modelo atômico proposto por Bohr, que considera o movimento eletrônico ao redor do núcleo, os níveis energéticos quantizados, e a transição dos elétrons entre os diferentes níveis, explicando, teoricamente, a luminescência. Foi entregue um material didático para guiar as discussões e o mesmo encontra-se no apêndice K.

O terceiro encontro destinou-se às discussões sobre a emissão luminosa de determinados materiais. Tendo em vista as discussões realizadas na aula anterior, os alunos compreenderam melhor como um material pode emitir luz, após receber radiação. Compreender, portanto, a diferença entre o tempo de emissão luminosa por um material, foi objeto de estudo para a classificação do mesmo em “fluorescente” ou “fosforescente”. O primeiro encontro fez-se necessário justamente porque é impossível compreender o que é emissão luminosa de materiais (luminescência), sem ter apreendido o conceito de luz. No apêndice L, encontra-se o material didático entregue aos alunos no final da aula.

Na quarta aula, os alunos deveriam propor, em grupo, um planejamento para a atividade experimental a ser realizada, considerando possíveis hipóteses que previssem quais materiais sofreriam o fenômeno e que, também, tentassem justificar o motivo do brilho. Após o planejamento, os alunos entraram em contato direto com os materiais, podendo experimentar diversas hipóteses, com os materiais sugeridos ou com outros, de interesse dos mesmos. A atividade experimental teve início com o seguinte problema apresentado: “Por que é que determinados materiais brilham nas baladas, como as camisetas brancas?”. Se a pergunta fosse encarada como necessidade, os alunos coordenariam ações para efetivar a atividade de aprendizagem, de acordo com a hipótese levantada pelo pesquisador, em que o motivo é a aprendizagem de conteúdos químicos selecionados.

No quinto encontro, os grupos de alunos socializaram entre si todo o procedimento adotado na realização da atividade experimental, abordando o planejamento, as hipóteses levantadas, a execução, a análise dos dados e os resultados obtidos, refletindo e apresentando um resultado explicativo que justificasse o brilho dos materiais fornecidos, quando expostos à radiação ultravioleta proveniente das lâmpadas de luz negra. Após a socialização, realizamos uma discussão abordando apenas os conceitos de Química, tirando as dúvidas existentes e apresentando a fórmula estrutural de algumas substâncias, como o quinino, por exemplo. Depois disso, os alunos responderam a um segundo questionário, prognóstico, para análise posterior sobre indícios de aprendizagem e evolução representacional. Finalmente, os alunos escreveram um relatório descritivo e conceitual abordando o máximo de informações possíveis, desde a discussão sobre o que é luz até a formalização de alguns conceitos como “salto quântico”, “fluorescência”, “fosforescência”, “transição eletrônica” e “espectro eletromagnético”.

A tabela abaixo apresenta de forma esquemática qual o tema, o objetivo e os sujeitos dos episódios de ensino.

Tabela 2 – Tema, objetivo e sujeitos dos episódios de ensino

Episódio	Tema	Objetivo	Sujeitos
I	Gasolina	Descobrir se a gasolina está adulterada	Todos os alunos do 2ºI
II	Perfumes	Extrair óleo essencial de substratos naturais	Alunos do 3º ano
III	Baladas	Compreender a luminescência de determinados objetos, quando expostos à radiação da lâmpada de luz negra	Alunos do 3º ano

Fonte: Do autor.

7.4.3 Instrumentos de coleta de dados

Após a opção pela pesquisa qualitativa do tipo participativa, os instrumentos de coleta de dados foram as vídeo-gravações dos encontros (dois episódios de ensino, um com 6 aulas e o outro com 5), o registro escrito dos alunos (questionários, anotações durante as aulas e o relato final) e o diário de campo do pesquisador. Foram realizados dois questionários para cada experimento, um no início e outro no final, além do relato final, em que os alunos deveriam inserir o máximo de informações possíveis, em ordem cronológica do acontecido durante a execução do minicurso, como conteúdos aprendidos, planejamentos realizados, hipóteses levantadas e conclusões obtidas a partir da reflexão.

A pesquisa colaborativa, também chamada de pesquisa-ação, pressupõe a inserção do pesquisador no campo de investigação formado pela vida social e cultural de um par, seja próximo ou distante, que é participante da investigação na qualidade de informante, colaborador ou interlocutor. Quando a pesquisa é realizada através de uma observação participante, como é o caso do primeiro episódio de ensino, mais especificamente, trata-se de criar e aperfeiçoar meios e dispositivos para facilitar a inserção do pesquisador na rotina dos sujeitos pesquisados, com a finalidade de observar situações e comportamentos que seriam alterados na presença de estranhos (THIOLLENT, 1998).

De tal forma, a pesquisa participante produz também modificações a respeito do conhecimento no par pesquisador/interlocutor, efeitos de conhecimento de si, do outro. A interlocução que se estabelece neste trabalho como final a (re)construção do sentido da experiência de um par, próximo ou distante, ou seja, a partir do momento que o par é participante do processo de dinâmica do conhecimento, pode-se afirmar que ela contém a co-autoria (ibid).

7.4.3.1 Questionários

Os estudantes foram submetidos a diferentes questionários. Cada episódio de ensino conteve dois questionários diferentes: um aplicado em um momento pré-experimental e outro pós-experimental. Todos os questionários utilizados neste trabalho encontram-se nos apêndices C, D, G, H, J e M, respectivamente.

Entende-se o questionário como um instrumento de pesquisa constituído por um conjunto de questões sobre determinado tema. O questionário deve ser entregue aos respondentes, que são os sujeitos da pesquisa, para que respondam às questões e entreguem-no de volta ao pesquisador. As respostas devem ser analisadas e transformadas em estatísticas, se necessário (VIEIRA, 2009).

De acordo com a autora, o pesquisador deve utilizar os questionários porque os mesmos podem fornecer informações valiosas que se consistirão em dados para que a pesquisa seja de bom nível. Para isso, é importante tomar algumas medidas. Um bom questionário é aquele conciso, de fácil entendimento.

O tipo de questionário utilizado é o de auto-aplicação e de questões abertas, evitando-se questões que ofereçam respostas binárias do tipo “Sim” / “Não” para não minimizar a liberdade do respondente. Questões abertas não sugerem nenhum tipo de resposta e são formuladas de modo a não induzir o respondente. As respostas são espontâneas, no sentido de que os alunos responderam ao questionário individualmente, e devem ser dadas na própria palavra do respondente.

A desvantagem do questionário de questões abertas, é que as respostas devem ser lidas separadamente e há impossibilidade de tabulação de resultados, não podendo, portanto, fazer análise estatística, o que demanda mais tempo. Em contrapartida, as vantagens são que as questões abertas “ênfaticam a relatividade cultural do sentido das palavras – isto é, as palavras do respondente devem ser entendidas com o significado que o respondente dá a elas” (ibid, p. 53), corroborando a vertente da presente pesquisa, histórico-cultural, aquela que considera, em primeiro lugar, a lei genética do desenvolvimento, que é baseada na interação entre os sujeitos; o conhecimento vai da esfera interpessoal para a intrapessoal, considerando a linguagem e mediação de signos e instrumentos, o professor é orientador do processo educacional. Outra vantagem é que, de acordo com os pesquisadores, as questões abertas possibilitam boas ideias para a discussão do trabalho, e até mesmo, para novas pesquisas.

7.4.3.2 Diário de campo

Entende-se por diário de campo

“... o caderno de trabalho do experimentador, onde anota as observações, onde recorre às entrevistas, onde descreve o conteúdo dos materiais da aula, onde compara e relaciona as informações, onde estabelece conclusões e toma decisões sobre os seguintes passos da experimentação.” (PORLÁN & MARTÍN, 1997, p. 53)

De acordo com o autor, o caderno de trabalho deve permitir um seguimento estruturado, sistemático e global, para intervenções do professor.

A utilização periódica do diário permite a identificação de processos mais significativos da dinâmica em que o professor está imerso. O diário de campo serve como um guia que permite a reflexão sobre a prática pedagógica do professor e sobre os processos que ocorrem na sala, favorecendo a consciência do docente a respeito de sua evolução (PORLÁN & MARTÍN, 1997).

Há a necessidade de metodologias e instrumentos que permitam estabelecer vínculos significativos entre a teoria (modelo), o programa e a prática. Neste sentido, o diário de campo favorece que se estabeleçam conexões significativas entre o conhecimento teórico disciplinar e o conhecimento prático, para que as decisões sejam fundamentadas. O diário deve propiciar o desenvolvimento da descrição da dinâmica da aula através de relatos sistematizados e detalhados das situações cotidianas, o que permitirá uma reflexão mais profunda e próxima do que realmente ocorreu, como representação da realidade. Capacidades tais como observação e categorização da realidade, são desenvolvidas com a prática de utilizar o diário, o que facilitará o reconhecimento de erros e de que os processos educativos escolares são dinâmicos e complexos (ibid).

Refletir sobre as anotações do diário facilita o descobrimento de “obstáculos internos”, corroborando para o hábito progressivo de reflexão sobre a ação e para a ação. Ler e analisar as anotações refletidas no diário gera uma evolução nas concepções do professor acerca das suas práticas (PORLÁN & MARTÍN, 1997).

Para minimizar os efeitos da subjetividade que possam advir de qualquer observação, o diário de campo foi retornado aos sujeitos da pesquisa para confirmação das anotações e veracidade dos dados. Nesse contraste, ocorrerá a explicitação de aspectos como: a visão que professor e alunos tem da escola; a percepção do professor sobre seu próprio papel sua relação com os outros sujeitos; o conhecimento sobre o currículo; obstáculos cognitivos, afetivos e metodológicos presentes no processo de

ensino e aprendizagem; problemáticas e necessidades manifestadas; e condutas significativas (PORLÁN & MARTÍN, 1997). Outro instrumento que dará fidedignidade ao diário de campo são as vídeo e áudio gravações, pois principalmente aquela, reduz a seletividade do pesquisador, configurando reprodutibilidade e estabilidade ao estudo, já que, quando se trata da observação, apenas, os fatos mais impressionantes chamam atenção, enquanto os aspectos detalhados podem passar despercebidos (SCAPPATICCI; IACOPONI; BLAY, 2004).

7.4.4 Metodologia de análise

A análise do conteúdo das transcrições das vídeo-gravações e dos questionários se deu através da análise de conteúdo. Essa é entendida como um conjunto de instrumentos metodológicos que se aplicam a discursos (conteúdos e continentes) extremamente diversificados. De acordo com Bardin (2011), ao se utilizar a análise de conteúdo, deve-se seguir algumas etapas:

- a) Pré-análise: este é o primeiro momento da análise de conteúdo. É a fase da organização, em que serão determinadas as unidades de registro para a categorização, ou seja, operações de “recorte no texto”. Tais recortes podem ser a nível semântico, ou ainda a nível linguístico. O tema, por exemplo, é o objeto de estudo se o recorte for semântico. Se linguístico, o objeto passa a ser a palavra ou frase. A pré-análise se subdivide em outros três momentos: a escolha dos documentos a serem analisados, a elaboração de objetivos e hipóteses, e o desenvolvimento de indicadores que fundamente a interpretação final;
- b) Exploração do material: É a fase em que acontecem as operações de codificação e a decomposição ou enumeração, baseada em regras previamente estabelecidas;
- c) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação: É a fase em que os resultados são tratados de modo a estabelecerem significados, podendo ser através de operações de estatística – básicas ou complexas, possibilitando o estabelecimento de quadros de resultados, diagramas ou modelos, para condensar as informações a serem apresentadas.

Vale ressaltar ainda que os processos de análise de conteúdo obrigam a observação de um intervalo de tempo entre o estímulo-mensagem e a reação interpretativa.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta a discussão a partir da análise dos dados coletados durante as partes integrantes da referida pesquisa. Consistiram-se de dados para discussão a transcrição da vídeo gravação das aulas, assim como os questionários respondidos antes e após a experimentação investigativa e o relatório produzido pelos alunos após a socialização dos resultados por eles encontrados.

Para fins de análise refinada, escolheu-se os episódios que, de acordo com a teoria, apresentam potencialidade para discussão. Portanto, estão relatados e discutidos somente aqueles que apresentam indícios de promover atividade de aprendizagem a partir da apresentação de *motivos* e *necessidades* de aprendizagem para coordenação de ações, detalhando os momentos em que ocorrem os processos educativos elucidados.

Durante a análise, a fim de permanecer em constante interação com a abordagem histórico-cultural, consideramos os momentos de aprendizagem dos episódios de ensino como uma atividade humana processual, em que seria impossível fragmentar o todo em partes menores e essas, por sua vez, em sub-partes. Quando isso acontece, é apenas para fins didático, como se se colocasse uma lupa sobre os detalhes a fim de compreendê-los, ou ainda como se ao pausar um filme, a análise acontecesse sobre determinada cena. Entendemos que a atividade acontece como um ato voluntivo.

8.1 EPISÓDIO 1: A QUÍMICA DA GASOLINA

Os dados obtidos durante encontros ocorridos na execução do episódio 1, serão apresentados superficialmente por considerar que os mesmos não constituem dados para análise rigorosa sobre a Teoria da Atividade, haja visto que o mesmo foi realizado no formato de um projeto piloto para validação das atividades propostas.

As seis aulas foram organizadas de forma a que fornecesse conhecimentos químicos necessários aos alunos para que, no quinto encontro, em que ocorreu a experimentação investigativa, os conteúdos necessários à proposta procedimental, pudessem ser aprendidos mais facilmente a partir da interação com os pares e mediação do professor. A sequência de aulas segue o formato descrito na tabela abaixo:

Tabela 3 – Cronograma dos encontros do primeiro episódio de ensino

Sequência das aulas	Atividade	Objetivos
1 ^a	Nivelamento sobre regra de três	Dar fundamentação matemática para os alunos para que todos tivessem condições de, inconscientemente, coordenar ações para realizar ações e solucionarem a problemática proposta.
2 ^a	O que é a gasolina?	Fornecer informações básicas necessárias para que os alunos pudessem propor um procedimento experimental a fim de identificarem se a gasolina estava adulterada ou não. Tais informações estavam contidas em um material entregue a todos os alunos contendo informações como a definição de gasolina, a legislação que determina o grau de pureza e de aceitabilidade de adição de etanol à gasolina.
	Questionário 1	Identificar o que os alunos sabiam sobre o assunto abordado, para em comparação com o questionário 2, ter indícios de aprendizagem de conceitos
3 ^a	Proposta de procedimento experimental	Propor uma solução hipotética através de um planejamento de um procedimento experimental para identificar se a gasolina está adulterada ou não, a partir dos conceitos teóricos discutidos nos momentos anteriores.
4 ^a	Execução do experimento	Executar o planejamento realizado no encontro anterior e desenvolver habilidades procedimentais.
5 ^a	Elaboração do relatório e Questionário 2	Desenvolver habilidade de argumentar e expor através da escrita o procedimento prático adotado. Comparar as respostas dadas ao questionário 2, com as dadas ao questionário anterior e identificar aprendizagem.
6 ^a	Socialização entre os pares e Formalização	Socializar os resultados obtidos com a turma através da realização do experimento e discutir sobre o procedimento adotado. Outro objetivo é o desenvolvimento da capacidade de persuasão, trabalho em equipe e “ouvir”.

Fonte: Do autor.

O experimento investigativo utilizado pretendia identificar se a gasolina dos postos A e B estavam adulteradas ou não, de acordo com a quantidade de álcool etílico permitida pela Agência Nacional de Petróleo. Portanto, o episódio proposto pretende que os alunos analisem uma das duas amostras de gasolina disponíveis e identifiquem se a mesma está adulterada ou não, de acordo com a quantidade de álcool permitida pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) – de 20 a 25%. A parte experimental da atividade concentra-se na quarta aula do episódio, em que os alunos deveriam realizar um conjunto

de ações, que ao se coordenarem, alcançariam o objetivo da atividade: responder a questão-problema: “A gasolina está adulterada?”.

8.1.1 Aula 1

A primeira atividade com os alunos foi o nivelamento com relação ao conteúdo regra de três (apêndice B). Com esta atividade pretendia-se que os alunos internalizassem o artifício matemático a nível de operações, para que, posteriormente, quando solicitado, pudessem efetuar o artifício automaticamente, sem que este fosse o foco da atividade, para que, coordenadas a outras, pudessem compor as ações que satisfizessem a necessidade e, assim, realizassem a atividade proposta. Neste momento, vários exercícios foram resolvidos e, de acordo com a análise dos exercícios, os estudantes não apresentaram dificuldades em desempenhar a tarefa.

8.1.2 Aula 2

Na terceira aula, discutiu-se com os alunos sobre o produto gasolina e, para isso, considerou suas propriedades, modo de extração e processo de separação. A estratégia adotada em aula privilegiou uma organização que buscava garantir a interação entre os pares e a compreensão cultural do conhecimento fosse, conforme propõe Vigotski, do inter para o intrapessoal, com mediação.

Nessa aula conceitos químicos foram discutidos e formalizados, como: polaridade, solubilidade e forças intermoleculares, conceitos estes que explicam como as moléculas de álcool encontram-se misturadas na gasolina e, após adicionar água, o porquê delas migrarem de fase, considerando que aumenta a estabilidade e, conseqüentemente, a solubilidade. Além disso, neste momento, os alunos responderam ao questionário pré-experimental, que encontra-se no apêndice C. A análise do questionário permitiu identificar quais conceitos químicos estavam no Nível de Desenvolvimento Real e não será apresentada neste trabalho. De forma geral, as respostas apontaram para a indicação

de que os alunos eram capazes de relacionar que gasolina é um dos tipos de combustíveis, e estes, por sua vez, possuem a principal característica de fornecer energia.

8.1.3 Aula 3

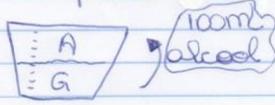
O terceiro encontro objetivou que os alunos apresentassem um planejamento experimental do que realizariam na próxima aula a partir da pergunta: “Como identificar se uma amostra de gasolina está adulterada?”. Os alunos foram informados de que na próxima aula, receberiam uma amostra de gasolina e que deveriam adotar um procedimento para se chegar à conclusão sobre a provável adulteração da mesma.

A discussão realizada na aula anterior, sobre os constituintes da gasolina, permitiu que os alunos propusessem uma hipótese válida. Abaixo, apresentamos a proposta de um dos grupos:

Figura 6 – Proposta procedimental de um dos grupos.

Misturar água na gasolina, o álcool que estava na gasolina se misturaria com a água fazendo com que a gasolina fique separada. Para saber a porcentagem colocar em uma regra de três o valor que tinha ao todo da gasolina, o tanto que colocamos de água e o valor da gasolina depois que separados do álcool.

Exemplo: Em um copo de medida colocar 500ml de gasolina e 500ml de água.



O volume da água aumentará porque o álcool vai subir e se misturar na água.

Aumentou na água 100ml.

100 ml que corresponde o álcool	500 ml	100%
que estava na gasolina	1000 ml	x

$$500x = 100 \cdot 100$$

$$500x = 10000$$

$$x = \frac{10000}{500}$$

$$x = 20$$

x = 20,05% de álcool

Fonte: Do autor.

O grupo propôs adicionar água a gasolina, pois desta maneira o álcool “misturaria” com a água, separando-se da gasolina.

8.1.4 Aula 4

No quarto encontro, os alunos estiveram em contato com o objeto de estudo, que foi a gasolina. Deveriam, desta maneira, executarem o procedimento experimental proposto na aula anterior para se chegar à conclusão se a gasolina estava adequada ou não de acordo com a quantidade adicionada de álcool etílico permitida pela Agência Nacional de Petróleo.

Figura 7 – Anotações e cálculos para verificação da quantidade de álcool etílico presente na amostra.

Colocamos 21 ml de gasolina e 17 ml de água

Depois 17 ml de gasolina (out)

$$\begin{array}{r} 21 \text{ — } 100\% \\ 17 \text{ — } x \end{array}$$

$$21x = 17 \cdot 100$$

$$21x = 1700$$

$$x = 80,95$$

1700
x = 0,019% de álcool

$$\begin{array}{r} 21 \text{ — } 0,19\% \\ 4 \text{ — } x \end{array}$$

$$21x = 4 \cdot 0,19$$

$$21x = 0,76$$

$$x = 0,036$$

$$x = 43,75\%$$

Fonte: Do autor.

O grupo conseguiu identificar que nos 21 mL de gasolina, 4 mL eram de álcool, mas não realizaram os cálculos corretamente, em que deveriam identificar a porcentagem que 4 mL representa em 21 mL. De acordo com os resultados apresentados pelo grupo, verificamos que a gasolina estava adulterada por conter 43,75% de álcool etílico em sua composição. Na realidade, a amostra fornecida estava regular, pois a porcentagem de etanol na amostra representa 24%, valor este dentro da referência permitida.

Concluimos, a partir dos cálculos do grupo, que o erro cometido foi relacionado ao artifício matemático da regra de três e à interpretação dos dados. Os alunos integrantes do grupo não realizaram os cálculos de maneira automatizada, ou seja, a utilização da regra de três não foi feita a nível de operações. Isso impossibilitou a realização da atividade como um todo, tendo em vista que a gasolina foi considerada como adulterada.

Dos seis grupos de alunos, cinco encontraram dificuldades e erraram durante a coordenação de ações, de maneira semelhante à apresentada anteriormente. Somente um grupo conseguiu executar as ações de forma a executar a atividade de aprendizagem, e o registro encontra-se abaixo:

Figura 8 – Cálculos do grupo que efetuou a atividade de fato.

Em um frasco um aluno colocou 50 ml de gasolina e 50 ml de água. Totalizando 60 ml de um produto álcool e 40 ml de gasolina. Sabendo que é permitido ter 28% qual é a porcentagem de álcool na gasolina.

50ml — 100%	40 — 80%
40ml — x	10 — x
$50x = 40 \cdot 100$	$40x = 10 \cdot 800$
$50x = 4000$	$x = 800$
$x = \frac{4000}{50}$	$x = 80\%$
$x = 80\%$	<i>não está adulterada</i>

Fonte: Do autor.

8.1.5 Aula 5

No quinto encontro, os alunos deveriam responder a um questionário pós-experimental que permitiria a análise da ampliação do Nível de Desenvolvimento Real dos sujeitos, individualmente, ao se comparar com o questionário pré-experimental.

A atividade de aprendizagem realizada em grupos permitiu a interação entre os pares, em que alguns representavam os pares mais capazes, podendo auxiliar na ampliação do conhecimento dos outros alunos.

Foi pedido, também, que os alunos construíssem um relato descrevendo todas as aulas e o que foi realizado em cada uma. A natureza do relato não era só experimental,

mas também conceitual, já que no mesmo poderiam ser incluídos conteúdos químicos aprendidos. A construção do mesmo permitiu identificar motivação relacionada à proposta experimental, e somente a ela. Podemos afirmar que isso se deveu a que os alunos não possuem esse tipo de atividade em seu cotidiano, representando novidade para eles.

8.1.6 Aula 6

A última aula foi destinada para que os alunos apresentassem os procedimentos e cálculos realizados durante a aula anterior para os outros quatro grupos. Após a socialização, houve um momento de formalização dos conceitos e explicação dos erros cometidos perante os cálculos efetuados pelos alunos.

A dificuldade apresentada pelos alunos que não conseguiram realizar os cálculos corretos e, por isso, não concluíram com êxito a atividade proposta, está no nível das operações. De acordo com Camillo (2011), não é possível estabelecer uma atividade antes que determinadas operações (inconscientes) coordenem-se para gerar ações. Deste modo, não foi possível identificar se a gasolina estava adulterada sem que antes se soubesse como realizar uma regra de três, pois era necessário que os alunos tivessem subtraído do volume total da fase aquosa, a quantidade de água adicionada, para provocar a separação entre as duas fases (aquosa e orgânica). Assim, a porcentagem de álcool na gasolina estaria entre 20 a 25%, caracterizando uma gasolina regular. Ao final do episódio, na tentativa de sanar os problemas de aprendizagem, coube ao professor buscar a promoção de um contínuo movimento de ascensão do abstrato ao concreto real, em que o experimento se manifesta de forma complexa, o que não se fez presente na abstração regra de três.

8.2 EPISÓDIO 2: A QUÍMICA DOS PERFUMES

Justificativa: O eixo temático estruturador escolhido para ensinar os conteúdos de “solubilidade” e “métodos de separação de misturas” objetiva relacionar o conhecimento científico escolar e o contexto cotidiano em que os alunos estão inseridos. Sabemos que os perfumes são utilizados por grande parte da população, principalmente pelos jovens. Além desse produto, sabemos, também, que essências aromatizantes são utilizadas em diversos produtos grandemente utilizados pela comunidade: desodorantes, desinfetantes, produtos de limpeza, amaciantes de roupas, etc...

8.2.1 Aula 1

Ao serem questionados acerca da temática retratada no episódio, os alunos demonstraram *interesse* por relacionarem a palavra “perfume” à atividade prática de fazer um perfume, o que é atrativo à maioria, por despertar sentimento de liberdade e independência, considerando que os mesmos não estão acostumados com atividades experimentais durante as aulas de Química na escola. As principais justificativas da escola e dos professores são que a quantidade de aulas é insuficiente para “levar os alunos para o laboratório” – 3 aulas semanais para o terceiro ano do Ensino Médio – os sujeitos dessa etapa da pesquisa eram alunos do referido ano -, o laboratório da escola não é bem equipado com vidrarias e reagentes, a quantidade de alunos por turma é muito grande e o laboratório não comporta, sendo, então, necessário dividir a sala em dois blocos de alunos, o que geraria a necessidade de mais uma pessoa do corpo docente da escola para ficar com uma turma de alunos na sala de aula, elaborando exercícios ou outro tipo de aula, enquanto o professor está no laboratório com a outra turma de alunos. Outro fator a ser considerado é que foi percebido, por meio do convívio com os alunos, que a imagem que eles tem de um químico é a de uma pessoa que fica no laboratório realizando vários ensaios, envolvido por cores, fumaças e cheiros. Vale ressaltar que a atividade de fazer perfume, portanto, está relacionada à origem da Química – alquimia.

A primeira parte da atividade foi questionar os alunos sobre qual a definição de perfumes, e as respostas obtidas foram: “perfume é uma mistura de substâncias e fragrâncias”, “característica de cheiro”, “essência”, “óleos essenciais”.

A resposta “óleos essenciais” para a pergunta feita sugere que o aluno respondente apresenta certo grau de conhecimento sobre a temática e, a partir daí, a atividade de ensino deve ser modificada e realizada a partir do que o aluno demonstra saber, já que, provavelmente, ele exercerá o papel de par mais capaz. Intencionalmente, é neste momento que deve ocorrer a intervenção do professor para o ensino de qualidade nova, de acordo com Moura (2010), tendo em vista que o conteúdo a ser ensinado está na iminência de aprendizado, já que localiza-se na ZDP. O termo “perfumes” e sua utilização fazem parte do nível de desenvolvimento real dos alunos. Eu procurei, então, questionar mais o aluno que deu essa resposta para identificar qual o grau de conhecimento sobre o tema e de onde vem essa informação. Segue:

- () Aluna N: Perfume é um óleo essencial.
- () Pesquisador: Onde você ouviu essa expressão?
- () Aluna N: Da minha vó. Ela mexe com esses óleos, ela faz umas fragrâncias pra perfumar o ambiente e também usa pra fazer massagem, sabe? Aqueles negócios de reiki, sabe?
- () Pesquisador: Entendi. Sei sim.

Essas respostas indicam que a aluna realmente sabe que o perfume está relacionado ao óleo essencial, mas não apresenta o conhecimento formalizado, do tipo: “perfume é uma mistura na qual o óleo essencial é o principal componente”. O diálogo sobre perfumes continua:

- () Pesquisador: Tem mais alguma característica de perfumes que vocês ainda não falaram?
- () Aluno F: Tem sim! Cada perfume é uma molécula diferente.
- () Aluno D: É isso mesmo. Pega uma molécula e vai modificando até o cheiro ficar diferente.
- () Aluna L: Uns vem de laboratório, mas tem uns que vem da natureza, eu acho.
- () Pesquisador: Ok, existe fragrância de dois tipos, então. Os naturais e os sintéticos. De onde vêm os naturais?
- () Aluna N: Das plantas.
- () Pesquisador: Só de planta?
- () Aluno F: Não. Da natureza, uai. Flor, folha, semente, bicho, assim.
- () Pesquisador: Correto. Podem vir da natureza, em geral. E os sintéticos?
- () Aluna G: Esses são os de laboratório, que a gente faz, não é?
- () Pesquisador: Isso mesmo. E tem vários tipos de fragrâncias?

() Aluna J: Tem. Tem adocicado, amadeirado, de frescor, de flor, de fruta...

Em sequência intentamos discutir, posteriormente, que os cheiros apresentam-se de maneira diferente dependendo da pele de quem o utiliza, e que algumas pessoas gostam de um cheiro, enquanto outras o rejeitam. Outra informação trabalhada é a de que os perfumes estão intimamente relacionados com nossos sentimentos e memória. O objetivo dessa discussão foi permitir que os alunos percebam o quanto os perfumes fazem parte de nossas atividades cotidianas sem nos darmos conta, inclusive incomodando ou despertando bons sentimentos através da memória olfativa. Nota-se abaixo:

- () Aluna J: Nossa, eu odeio esses cheiro doce. Prefiro os amadeirados.
- () Pesquisador: E vocês? O que preferem?
- () Aluna N: Eu gosto dos cítricos, que lembram fruta, azedinho... Eu não gosto dos que lembram madeira não, parece as coisas velhas da minha vó.
- () Aluna B: Ah, eu gosto dos doces e dos de flores. Igual o Egeo Dolce da Boticário, professor, sabe?!
- () Pesquisador: Sei, eu também prefiro os perfumes doces.
- () Aluna A: Ah, mas em mim ele não fica bom não! Nos outros eu até gosto.
- () Pesquisador: Por que? Dá diferença?
- () Aluna A: Dá sim, professor. Em cada um dá um cheiro.
- () Pesquisador: Depende do quê?
- () Alunos: Da pele, do cheiro de cada um.
- () Pesquisador: Exatamente. Depende da pele, do nosso cheiro natural, da nossa fragrância natural. E qual é o nosso cheiro? Onde ele se encontra?
- () Aluna M: No suor?
- () Pesquisador: Isso mesmo. E a temperatura? Será que influencia?
- () Aluna M: Influencia sim. Eu acho. Porque igual o aluno R, a mão dele sua o tempo inteiro e é muito quente. Tá louco! Pega na mão dele pro senhor ver. [risos]

Ao analisar o trecho relatado acima, é possível identificar como a ideia de perfumes dos alunos é expressa a partir da relação e aplicação com a pele, e experiências trazidas consigo para o ambiente de aprendizagem científica. A aluna N relata a experiência que tem com a avó e a fabricação de desinfetantes e óleos para massagem, enquanto a aluna A, sugere que os perfumes apresentam resultados diferentes de acordo com a pele em que foram aplicados. Por sua vez, a aluna M foi capaz de identificar que o suor é o elemento responsável pela diferença, e que o suor apresenta características diferentes, a partir de cada pessoa, como se ele fosse o nosso óleo essencial, nossa fragrância natural.

As análises que apareceram entre colchetes na transcrição acima, corroboram o que Geertz (1989) apresenta como “descrição densa”. A análise do comportamento

humano é referida como ação simbólica, dentro da semiótica, de modo que tentamos compreender as representações que os sujeitos apresentavam, considerando, inclusive, as expressões corporais, a fim de focalizar significados simbólicos dentro das particularidades.

() Pesquisador: E outra coisa. A aluna N, aquela hora, disse que lembra da vó dela. Por que?

() Aluno D: Porque o perfume faz a gente lembrar das coisas.

() Pesquisador: O perfume está relacionado a um dos cinco sentidos. Qual é ele?

() Aluno D: O olfato. Mas à memória, também.

() Pesquisador: Isso. O motivo é que o bulbo olfativo faz parte do sistema límbico cerebral, que é uma área associada à memória, e também é chamada de “cérebro emocional”. Dê um exemplo de um cheiro associado a uma pessoa ou acontecimento.

() Aluna N: Cheiro de cravo lembra minha vó.

() Aluno I: Cheiro de cigarro lembra meu pai (risos).

() Pesquisador: Cheiro de plástico novo me lembra piscina, verão. Isso acontece porque o bulbo olfativo tem fácil acesso à amígdala, que processa informações, e ao hipocampo, que é o que é responsável pelo aprendizado... é... associativo. Uma curiosidade é que quando sentimos um cheiro pela primeira vez, fazemos associação a uma pessoa, um acontecimento ou um lugar. Quando sentimos esse cheiro de novo, a associação já está pronta, já foi feita. E aí a memória será evocada... é... acessada... e traz à tona o que está ligado aquele cheiro, entende? E isso acontece, em grande maioria, na juventude. É que quando somos crianças que sentimos a maioria dos cheiros pela primeira vez.

Outros conceitos discutidos nesse encontro foram: mistura, solubilidade, emulsão, meios de extração; e notas de cabeça, de base e de coração. Para se definir o que é mistura, os alunos disseram que “é junção de mais de uma coisa”, “duas ou mais substâncias juntas”, “solução”, “duas ou mais coisas misturadas”. A definição formalmente aceita ao final da discussão é semelhante a apresentada pelo livro adotado pela escola – Química Cidadã (aprovado pelo PNLDE): “mistura é a reunião de duas ou mais substâncias e apresentam-se como sistema homogêneo para qualquer proporção das substâncias nele contidas” (SANTOS; MÓL, 2010, p. 56).

Nesse encontro, foi entregue aos alunos um material intitulado “O que é perfume?”, que contém informações como a definição, os tipos de cheiros, as notas e outras curiosidades como significado da palavra, origem e religião. O material encontra-se no apêndice F.

O *objetivo* desta aula foi verificar através do diálogo transcrito, se os alunos estavam engajados na atividade. Verifiquei, com base na análise feita, que os alunos assumiram a *atividade* como fruto da cultura *humana*, através das falas que remetiam à importância de se fazer perfume e sua grande utilização, relacionando às diversas

culturas, e, na fala dos alunos: “perfume é tão usado por todo mundo que qualquer pessoa usa, pobre e rico, bebê, adolescente e velho”. Além disso, a *necessidade* que está intrinsecamente relacionada ao *motivo*, era a de aprender Química no laboratório [já que nas aulas regulares na escola não contam com este recurso]. O *motivo*, por sua vez, está ligado a algo que vai além das “obrigações” porque o minicurso oferecido não era obrigatório, não forneceria certificado de participação e nem estava relacionado a “pontos-extras” na disciplina, para quem participasse, diretamente relacionado ao objeto: apreensão de conhecimentos químicos. A *atividade*, como um todo, era o minicurso, que aconteceu em seis encontros.

A *ação* para a primeira aula do episódio foi apenas participar das discussões propostas. Isso foi feito a partir de outras pequenas ações, chamadas de *operações*. As *operações* foram encontrar a sala em que ocorreria a aula, responder as perguntas feitas de forma espontânea (como conferido a partir da análise da transcrição) e, de maneira dialógica, *interagir* com os pares do processo, alunos e pesquisador. De acordo com a teoria em questão, a *ação* está relacionada ao *objetivo* que, por sua vez, é entender Química a partir da compreensão do que são perfumes – como são obtidos e suas principais características. As operações estão relacionadas às *condições operacionais e instrumentais*, que no caso, era uma folha para anotações e um roteiro, entregue no final da aula, com a definição formal do que é perfume – apêndice F. É importante, portanto, que se interprete e compreenda o fenômeno como um todo que é composto de partes indissociáveis, de modo a vislumbrar uma atividade processual, que não existe independentemente.

8.2.2 Aula 2

No segundo encontro, objetivamos o ensino do conceito de misturas e seus respectivos processos de separação, de acordo com a natureza do estado físico das substâncias envolvidas. Na aula anterior, os alunos identificaram que os perfumes são considerados misturas, e o fizeram a partir da indagação do professor sobre os componentes de um perfume e, também, pela leitura dos rótulos e embalagens.

O objeto de estudo desta atividade de aprendizagem é o conceito mistura e as ações são as atividades menores realizadas pelos alunos, orientados pelo professor, para

apreenderem o conhecimento químico. Foram ações dessa aula a divisão em grupo, a leitura do material fornecido tal como livro didático, internet disponibilizada e discussão entre os pares. De acordo com a teoria, as ações não precisam, necessariamente, dirigirem-se a favor do objeto de maneira fragmentada, mas devem, coletivamente, caminhar para a apreensão do mesmo, o que será a aprendizagem dos conceitos envolvidos.

Em última instância, as operações são os modos de se executar cada ação separadamente. Ou seja, a forma como os alunos se dividiram em grupos, a escolha pelo livro didático, o site de busca para a pesquisa na internet, a conversa realizada com os outros colegas. Dessa maneira, entendemos que as operações são dependentes das condições materiais oferecidas para os sujeitos e, principalmente, que a execução sucedida dessa atividade seria um fator em potencial para a efetivação da atividade experimental a ser realizada.

De forma lógica e cultural, foi necessário que os alunos entendessem o que é uma mistura e quais os métodos de separação, para encaminhá-los ao ensino do que vem a ser um óleo essencial e sobre o conceito de solubilidade (conceito necessário para compreender a extração de óleos essenciais por arraste a vapor), realizado na terceira aula.

8.2.3 Aula 3

Nesse encontro, os alunos entraram em contato direto com o principal componente de um perfume, o óleo essencial. Foi oportunizado que eles compreendessem o que são os óleos essenciais e o que é necessário para que o cheiro do óleo seja agradável na pele: diluição e fixação. Para isso, houve o ensino do conceito de solubilidade.

Puderam, também, observar através do contato direto com os óleos, os diferentes tipos de fragrância, como o cítrico através do limão, o amadeirado através da canela, ou o de frescor, através da hortelã, entre outros: maracujá, alecrim, manjerição, laranja, cravo-da-índia, etc.

Nessa aula, os alunos responderam a um questionário pré-experimental, que se encontra no apêndice X. Como explicitado pela metodologia, a partir da comparação desse questionário com o segundo, aplicado após o experimento, podemos inferir sobre

indícios de aprendizagem e respectiva ampliação no nível de desenvolvimento real dos sujeitos.

A próxima aula teve como objetivo principal, despertar necessidade psicológica nos alunos para a coordenação de ações a serem executadas a fim de se apropriar do objeto de estudo da atividade: os conhecimentos químicos. Este foi o foco do trabalho e é aqui que repousam as análises aprofundadas da atividade: a manifestação do motivo de modo que o mesmo coincida com o objeto, a partir da experimentação de caráter investigativo enquanto instrumento de mediação de aprendizagens em práticas construtivistas.

8.2.4 Aula 4

A aula tem início com algumas vidrarias expostas em cima das bancadas em que os alunos estão sentados. Os alunos ficam, por um certo tempo, admirando as vidrarias apenas com os olhos, após certo tempo, antes da explicação e discussão sobre a *atividade*, os alunos começam, lentamente e aos poucos, a manipular as vidrarias em uma atitude de reconhecimento. Aos poucos eles vão tentando montar algum sistema, sem que fosse pedido, o que indicou que os alunos continuaram engajados na *atividade*, assumindo-a como fruto de suas *ações*, mesmo que de maneira *inconsciente*. No caso, como o sistema a ser montado para a extração de óleo essencial é o de destilação por arraste a vapor, os materiais disponíveis nas bancadas são: manta térmica, balão de fundo redondo, condensador, erlenmeyers, béckers, pisseta, almofariz, pistilo, rolha etc.

Nesse momento, eu peço aos alunos para que comecem a pensar em como irão extrair o óleo essencial de materiais naturais como folhas, flores e frutos. É cabível dizer que em uma bancada do laboratório eu deixei seis frascos com óleos essenciais já extraídos para que os alunos pudessem sentir o cheiro e visualizar. Os óleos extraídos e purificados que estavam disponíveis serviram como estímulo para iniciar a atividade de extração. Eles fazem parte das *condições instrumentais* que estão relacionadas às *operações*. Eram eles: óleo de laranja, limão, cravo, canela, hortelã e orégano. Ao assistir a gravação dessa aula, é notório como os alunos se interessam em manipular o óleo já extraído e começam a pensar que farão o mesmo:

() Aluno J: Professor, isso daqui já é o óleo pronto?

- () Pesquisador: Sim, o óleo já extraído e purificado.
- () Aluno A: E a gente vai fazer isso hoje também, né?!
- () Pesquisador: Sim, nós começaremos hoje.
- () Aluno G: Vai gente, que legal! Vamo logo, então! Eu quero fazer isso logo! Vamo botar a mão na massa hoje! Olha meu jaleco!
- () Pesquisador: Aí estão seis óleos diferentes pra vocês conhecerem e analisarem o cheiro, se é semelhante com a matéria-prima original.
- () Aluno F: Eu quero montar aqueles sistemas bem grandão, sabe?! Aqueles de desenho animado, que sai fumaça!
- () Pesquisador: É mesmo? E como vamos montar? Hoje vai sair fumaça mesmo! Tem que colocar pra esquentar. O negócio vai ficar quente nesse laboratório hoje... Quem tá aqui é o terceiro três, né?! [risos]

A partir desse diálogo transcrito, nota-se que os alunos manifestaram desejo, que vislumbrou *necessidade* pra desencadear o processo de *atividade*, e assim, pensarem em como agir pra solucioná-la, o que, como já explicado, deve culminar em *objetivos coincidentes com o motivo*. Na fala do aluno G, assim como na do aluno F, é possível observar que eles estão referindo a si próprios como seres ativos do processo. O que, de acordo com a atividade orientadora de ensino proposta por Moura (2001), em decorrência da teoria da atividade, significa que o aluno, no papel de aprendiz, irá se mobilizar para organizar meios de solucionar o problema proposto, o que significa que o aluno está em atividade.

A filmadora estava mais próxima de uma bancada e, durante a transcrição, foi possível observar o diálogo de um trio de alunos, à parte, o qual está transcrito abaixo:

- () Aluno T: Olha, nós vamos ter que pôr pra ferver, em primeiro lugar.
- () Aluno G: Mas tem que dar um tempinho antes pra tirar o cheiro e o óleo.
- () Aluno T: Então, você vai colocar na água e deixar um certo tempo de molho pra poder extrair as substâncias.
- () Aluno G: Isso. Aí o óleo vai sair e vai pra água. Pronto.
- () Aluno I: Calma, menino! Que desespero! Tem mais coisa, não é só isso não. Escuta...
- () Aluno T: É! Calma! Nossa! Primeiro a gente tem que montar os aparelhos [se referindo ao sistema de destilação], depois a gente vai colocar a planta... A matéria-prima... De molho num vidrinho com água, que é esse aqui [e aponta para um dos balões de fundo redondo]. Daí vai aumentar a temperatura, até a água ferver.
- () Aluno I: Isso. Lá pros cem graus celsius.
- () Aluno G: É! Aí ferve e tira! Pronto!
- () Aluno T: Calma, aluno G! Calma! Aí a água vai passar de líquida pra vapor e o óleo já vai estar com ela. Daí a temperatura ainda vai estar alta, o gás com o óleo vão pra outro lugar e aí a gente tem que abaixar a temperatura pra voltar a ser líquido. Aí de um lado vai ficar só óleo essencial e água, líquidos. Do outro lado vai ficar os restos da planta.

- () Aluno G: É. Isso mesmo. To entendendo. Mas não vai ser só isso não, né?! Porque vai ter óleo junto com água e no final, deve que a gente quer só o óleo. Então vai ter que ver um jeito de separar isso daí.
- () Aluno T: Anram. A gente vai pensar.
- () Aluno I: Vai ficar meio separado, né?!
- () Aluno G: Isso. Igual óleo de cozinha e água. Daí dá pra separar.
- () Aluno T: Ah, gente! Não sei se vai ficar separado não! Será que vai dar um tanto bom de óleo e um tanto bom de água?

A partir desse diálogo, é possível perceber que os alunos começam a pensar em como irão executar a atividade experimental para obterem o óleo essencial. Na fala do aluno T: "... depois a gente vai colocar a planta... A matéria-prima... De molho num vidrinho com água, que é esse aqui...", é evidente que apresentam uma ideia, por vezes superficial, de como deve ser a montagem do sistema, que pra eles ainda não é familiar. Ao assistir ao vídeo, nota-se que os alunos vão gesticulando com as mãos no ar como se estivessem montando o sistema enquanto falam e mexendo com as mãos simulando o líquido a transitar pelo sistema, indicando que, neste momento, *cada ação é tomada particularmente como uma atividade em si*, de maneira que montar o sistema para realizar a extração é uma atividade, macerar o substrato e vertê-lo para o balão de fundo redondo através de um funil, é outra atividade, já que os alunos não estão acostumados a manipularem tais aparelhos, impedindo que isso apareça na forma de ação coordenada, mas sim como uma atividade completa em si. A descrição anterior retrata um exemplo de atividade fragmentada.

A última sequência de falas está relacionada ao conceito de solubilidade. Os alunos G e I afirmam que o óleo essencial não irá se misturar com a água. E foi identificado que essa fala vem do conhecimento do senso comum de que óleo e água são líquidos imiscíveis. Nota-se, aqui, que é necessário uma reconstrução do conceito de solubilidade, tendo em vista que é preciso o ensino de que uma substância não é completamente insolúvel em outra, mas muito pouco solúvel. Um dos objetivos da aula é o ensino do conteúdo de solubilidade de maneira que colabore com a quebra da dicotomia entre substâncias solúveis e substâncias insolúveis entre si. O ensino retratado se faz possível através da última fala transcrita acima. O aluno T apresenta dúvidas sobre a solubilização do óleo na água relacionada à quantidade. Através de uma análise aprofundada da fala, conclui-se que o aluno quis dizer que: "se tiver pouco óleo, ele estará solubilizado na água, se tiver muito óleo, ele estará separado da água". O aluno não apresenta nem o vocábulo científico e nem o conceito de maneira clara, precisa ou

sistemática, mas ele apresenta alguns indicativos de que já conhece um pouco sobre o assunto. Sendo assim, é possível afirmar que a mediação está acontecendo no momento possivelmente correto de acordo com a abordagem histórico-cultural, na Zona de Desenvolvimento Proximal, ou seja, na distância entre o Nível de Desenvolvimento Real, que é aquilo que o sujeito é capaz de realizar ou de conhecer de maneira independente, e entre a Zona de Desenvolvimento Potencial, que é o que o sujeito é capaz de realizar com o auxílio de um par superior. E é exatamente o que acontecerá no final do experimento. A quantidade de óleo extraída é tão pequena, frente a quantidade de água disponível, que o óleo encontra-se solubilizado em água, sendo, portanto, necessária, a adição de outra substância (solvente orgânico) que interaja mais com o óleo para que este migre da fase aquosa para a fase orgânica. É este objeto de estudo que os alunos devem apreender, o óleo essencial encontra-se solubilizado em água devido à pouquíssima quantidade do mesmo.

Percebemos que a *ação* analisada individualmente não indica que o motivo é coincidente com a *atividade*. Por exemplo, com a seguinte fala dos alunos “colocar o cravo-da-índia de molho” não indica extração de óleo essencial se analisado individualmente, mas a coordenação de todas as ações do processo culmina no óleo essencial extraído, assim como o exemplo do grupo primitivo que vai à caça, exposto por Leontiev. É deste modo que entende-se a divisão social do trabalho aplicada à fragmentação das ações na teoria da atividade.

Figura 9 – Substratos disponíveis para extração.



Fonte: Do autor.

Em outro grupo, que se encontrava em outra bancada, extraímos outro diálogo, transcrito abaixo:

- () Pesquisador: O que é que vamos obter no final dessa extração?
- () Aluno J: No final de tudo tem que ter só óleo, né?!
- () Pesquisador: Isso. Por quê?
- () Aluno J: Porque é só o óleo essencial, puro, que é usado pra dar cheiro pra perfume, pra colocar em amaciante ou outros produtos de limpeza.
- () Pesquisador: Exatamente. Por isso, então, é necessário separar. Mas separar o quê?
- () Aluno F: A mistura.
- () Pesquisador: A mistura. E a qual mistura você se refere?
- () Aluno R: Primeiro a planta. Porque ela própria é uma mistura, não é, professor? Tem flor, tem raiz, tem caule, tem água, tem outras substâncias, e tem o óleo, que é o cheiro, que é exatamente o que a gente quer, não é? Tá certo?
- () Pesquisador: Sim, tá certo. E o quê mais?

Percebi que alguns alunos, assim como o aluno R esperam por palavras ou sinais de concordância para continuarem o pensamento a ser desenvolvido. Após expressarem alguma resposta, logo me olhavam esperando sinal de aprovação ou de reprovação, para continuarem falando ou não. É curioso que às vezes um simples olhar ou um sorriso era tomado como resposta afirmativa de que estavam no “caminho certo”.

- () Aluno R: Depois a água e o óleo essencial. Porque os dois vão estar juntos em outro potinho, né?! Daí é só separar.
- () Pesquisador: E como fazer essas duas separações?
- () Aluno R: Uai, a primeira, é só deixar de molho e ferver, né?! Igual a gente falou agora há pouco. Aí pronto. Separa o óleo com a água da planta. Depois, a segunda, vai ter que separar o óleo da água. Parece fácil. É só colocar num vidro, tipo aquele ali [aponta para o béquer], e deixa um tempo. Igual a gente viu na segunda aula. É a decantação, né?! Pra separar líquido de líquido, quando é heterogêneo. E é esse. Água e óleo são heterogêneos. Daí deixa um tempo, vai separar. Depois tira um do outro.
- () Pesquisador: Mas e se for pouquinho?
- () Aluno F: É mesmo, fi. Você acha que vai dar muito óleo?
- () Aluno J: Gente! Olha só essa folhinha que fala dos perfumes [referindo a folha que foi entregue no primeiro encontro]. Lá em baixo, olha... Lá nas curiosidades. Tá falando sobre o rendimento de alguns, tão vendo? Então! Vai dar pouco óleo eu acho.
- () Pesquisador: E então? Como que a gente faz pra separar?
- () Aluno R: Já sei. Tive uma ideia. É só a gente aquecer. Daí um vai embora primeiro, né? Tipo... O ponto de ebulição do óleo deve ser maior que o da água. Aí quando der cem graus celsius, a água vai evaporar e vai ficar o óleo pra trás.
- () Aluno J: Não, aluno R. Não vai dar certo eu acho não. Porque vai ter muito mais água do que óleo. O rendimento é pequeno, não to falando?!
- () Pesquisador: Então. É como o aluno J disse. Se tivéssemos em condições ideais, até que daria pra separar dessa maneira que ele tá falando, porque elevaríamos a temperatura e era só recolher a água, ou melhor, deixa ir embora... Mas só que tem muito pouco óleo

na água. E não podemos esquecer sobre o fator da evaporação. Os óleos essenciais são muito voláteis. Sabe o que é isso?

() Aluno F: Voláteis?

() Aluno R: Tem a ver com evaporação, ebulição...

() Pesquisador: Isso. Volatilidade está relacionado com a facilidade da substância evaporar, ou seja, ela passa pro estado gasoso antes de atingir a temperatura de ebulição. Se tem pouco óleo e ele é volátil, o que vai acontecer se a gente aumentar a temperatura?

() Aluno J: Ele vai evaporar junto com a água.

() Pesquisador: Isso. É exatamente isso que vai acontecer. Ou seja, não vamos conseguir separar, então. Tem que pensar outra maneira. [Agora fala se dirigindo a sala toda] Gente! Atenção! Olha aqui pra mim um pouco [Fala dirigindo a sala, pedindo atenção]. Vocês estão discutindo aí nos grupos como vamos separar, né?! Então... No final vocês viram que vamos ter água e óleo essencial. E vai ter muito ou pouco óleo?

() Alunos: Pouco. Só um pouquinho.

() Pesquisador: Isso. Muito pouco. Por quê?

() Aluno J: Porque o rendimento é baixo. Aqui na folhinha, sabe... Aqui fala que precisa de oito milhões de jasmim pra conseguir só um quilo de óleo essencial... Então dá pra ter ideia que não dá quase nada, porque a gente só vai ter esse vidrinho [apontando para o balão de fundo redondo] pequeno de planta...

() Pesquisador: Isso. Realmente é isso mesmo. E me falem... Será que só porque é óleo, ele vai estar separado da água? Em uma fase diferente?

[Silêncio, a princípio. Após alguns segundos de silêncio os alunos começam a discutir entre si]

() Pesquisador: Hein, gente?! E aí?

() Aluno R: Não sei... Eu imagino que se for bem pouco, mas bem pouquinho mesmo, talvez o óleo fique misturado na água, não é?

() Aluno J: Eu concordo com o aluno R.

() Aluno L: Não sei... Acho que é isso mesmo. O que você acha, aluno F?

() Aluno F: [timidamente] Acho que é isso sim. Talvez... É, professor?

() Pesquisador: É. É isso mesmo, gente. Se tiver muito pouco óleo, ele vai estar solubilizado em água. E o que é solubilizado?

() Aluno L: Tem a ver com solubilidade. E solubilidade é quando está dissolvido, quando tá misturado, né, professor?

() Pesquisador: Sim. Solubilidade ou o coeficiente de solubilidade, expressam a quantidade máxima de uma substância que pode estar dissolvida em outra. Se isso é quantidade máxima, má-xi-ma, o que significa?

() Aluno N: Que se for menos tá misturado, tá dissolvido.

() Pesquisador: Isso! Se o valor for menor que o coeficiente de solubilidade, a substância vai estar dissolvida, então. Nesse caso, quem é a substância?

() Alunos: O óleo. O óleo essencial.

() Pesquisador: Isso. O óleo essencial. E ele está dissolvido em quem?

() Aluno J: Na água.

() Pesquisador: Isso. Óleo essencial em água. E se a quantidade for pequena, menor que o coeficiente máximo, o que acontece?

() Aluno R: O que eu tinha falado, uai. Vai estar dissolvido.

() Pesquisador: Isso. Vai estar solubilizado. E o que é solubilizado? Vai ter quantas fases?

() Aluno F: Dissolvido. Aí a gente vê uma fase só.

() Pesquisador: Exatamente. Isso caracteriza um sistema de que tipo?

() Aluno T: Homogêneo. Sistema homogêneo, de uma fase só.

- () Pesquisador: Isso. Agora presta atenção! Nós já discutimos que não tem como separar aquecendo, né?! Por que?
- () Aluno B: Você falou lá... Porque vai evaporar tudo, né?!
- () Aluno G: Porque o óleo escapa rápido, né?! Igual o álcool. Como chama... É... Vola... Volátil?
- () Pesquisador: Isso. Volátil. Ele vai passar para o estado gasoso, mesmo que não atinja a temperatura de ebulição. Por qual processo?

Nesse momento, e em outros citados, é notório a interação dos alunos entre si. E de acordo com as teorias em questão, o conhecimento começa no meio interpessoal, ou seja, entre os pares, nesse caso aluno-aluno. A partir dessa interação e da mediação realizada pelo professor através da linguagem e da utilização da atividade experimental, pode-se perceber que os alunos começam a apropriar-se do vocabulário científico, tais como as palavras: “solubilizar”, “volátil”, “interação”, “extração”. Esses são indícios de aprendizagem, que são confirmados através do diário de campo do pesquisador, que retrata dúvidas que os alunos iam apontando durante o percurso, tanto no sentido procedimental quanto no sentido cognitivo, inclusive; e também dos questionários que mostram evolução no perfil conceitual do aluno.

- () Aluno G: Evaporação.
- () Aluno J: Ebulição.
- () Aluno A: Não, aluno J. Evaporação. É evaporação, não é, professor?
- () Pesquisador: Não sei... Pensa um pouco.
- () Aluno A: Olha... Quando... É... Os dois passam pro estado gasoso. Só que a ebulição é quando atinge a temperatura de ebulição e evaporação é natural, é antes de atingir, igual a roupa lá... [“igual a roupa lá” quer dizer a secagem da água das roupas no varal, por exemplo, a água é seca, ou seja, a água é separada da roupa antes que atinja a temperatura de ebulição, e o aluno se refere a esse fenômeno relacionando ambos corretamente, de maneira que o que acontece com as roupas é realmente a evaporação da água]
- () Pesquisador: Isso. Ambos são processos de?
- () Alunos: Que? Como assim?

Nesse momento, é perceptível que não utilizei a linguagem correta, o que fez com que os alunos não entendessem minha pergunta. Uma *reflexão na ação* foi necessária para que eu modificasse a pergunta. Eu queria ouvir que evaporação e ebulição são fenômenos em que o líquido modifica para gasoso, e, por isso, recebem o nome de vaporização.

- () Pesquisador: Evaporação e ebulição. O que tá acontecendo?
- () Aluno T: Gasoso. O líquido virando gás.
- () Pesquisador: Isso. Em geral, como chama esse fenômeno?
- () Aluno T: Gasei... Não... É... Evaporização?

- () Pesquisador: Vaporização.
 () Aluno T: Isso. Isso mesmo. Vaporização.

Esse trecho transcrito, mostra mais uma vez como a *mediação do professor através da linguagem pode contribuir com a aprendizagem*. Cabe ressaltar que em todo processo acima, os alunos já se encontram em *atividade*. Atividade essa que é impulsionada pela problemática inicial “Como extrair o óleo essencial de alguns produtos naturais?”. O *motivo*, para os alunos, é obter o óleo essencial, gerado pela necessidade de executar o roteiro experimental que eles próprios propuserem.

() Pesquisador: Então voltando aqui, gente! [pedindo atenção para a frente da sala] Como vamos separar o óleo essencial e a água? Vocês precisam propor um método agora pra finalizar a atividade. Pelo que olhei, conversei e fui até os grupos, vocês fizeram propostas bem semelhantes pra extrair o óleo. E está condizente. Só que ele não está puro. Precisamos, então, purificá-lo. Por isso em uma aula anterior nós discutimos métodos de separação de mistura, lembram? Pensem mais.

Depois de mais discussões, um dos alunos apontou a seguinte sugestão:

- () Aluno J: Professor, e se agora, no final, a gente jogar um líquido pra ficar só com o óleo? Tem jeito?
- () Pesquisador: [um pouco surpreso, porque eu não esperava essa proposta, já que os alunos não dominam esses métodos] Como assim, um líquido?
- () Aluno J: [sorridente e categórico ao afirmar, pois ele percebeu com minha expressão que ele estava no caminho correto. É curiosa a forma que os alunos se sentem seguros a partir do momento que percebiam qualquer sinal de aprovação vindo de mim, corroborando a vertente psicológica da teoria] Olha... Eu acho que tem que jogar um líquido que fique com o óleo. Daí o óleo não vai ficar mais com a água. E vai ficar com esse líquido. Entende?
- () Pesquisador: Entendi. Você está certo. Pode ser dessa maneira sim. Com o auxílio de uma terceira substância. Alguém consegue propor qual substância deve ser essa? [silêncio...] ... Vamos pensar agora sobre a temperatura de ebulição. Porque veja só. A proposta está correta. Mas daí o óleo vai sair da água e vai ficar com esse líquido certo?
- () Alunos: Certo.
- () Pesquisador: Podemos substituir a expressão “ficar com esse líquido” com “interagir mais ou melhor”?
- () Alunos: Pode.
- () Pesquisador: Então veja só. O óleo vai estar interagindo com o tal líquido agora. E não vai ter mais água. A água nós podemos eliminar então. Por qual processo?
- () Aluno A: Decantação.
- () Pesquisador: Isso. Após certo tempo eles vão se separar. E aí em uma fase está o óleo e esse líquido e na outra é a água, certo? [os alunos concordam com a cabeça] E o óleo tá com esse líquido agora. Como que vamos separar?

- () Aluno G: Uai... Agora não dá certo aquecer, não?
- () Aluno J: Não dá, tem aquele negócio de volátil lá, lembra?
- () Pesquisador: O óleo é volátil... E a quantidade é?
- () Aluno R e aluno F: Pouquinha.
- () Aluno F: Professor, volátil é aquele negócio que evapora né?!
- () Pesquisador: Sim...

De acordo com a Teoria da Atividade, como explicado, as *operações* são os meios pelos quais o sujeito realizará *ações*, de maneira *inconsciente*, que por sua vez, serão *coordenadas* para satisfazer a *necessidade*, coincidindo, portanto, o motivo e o objeto. O que acontece nesse momento é semelhante, ainda que a proposta procedimental que está sendo montada em conjunto, já havia sido pensada entre os grupos antes da discussão, corroborando com a abordagem histórico-cultural da teoria, em que a aprendizagem tem início no meio *interpessoal*, entre os pares. Nesse momento, o passo-a-passo da proposta experimental não aparece como *operações*, pois não é *inconsciente*. Cada etapa citada e descrita pelos alunos toma o lugar de ação, pois são processos conscientes, ou seja, a atividade está fragmentada.

- () Aluno F: Então... E se esse líquido for volátil mais que o óleo? Não dá?
- () Pesquisador: Como assim?
- () Aluno F: Uai... Assim... Se ele virar gás antes, sabe? Aí não fica só o óleo?
- () Pesquisador: Sim. É uma proposta coerente. Então de acordo com o que vocês falaram quais características esse líquido precisa ter?
- () Aluno R: Ser mais volátil que o óleo.
- () Pesquisador: Isso. Então a temperatura de ebulição dele deve ser alta ou baixa?
- () Aluno J: Baixa.
- () Pesquisador: Maior ou menor que a água?
- () Aluno J: Menor.
- () Pesquisador: E o quê mais ele deve ter? [Silêncio] Gente! Vocês não falaram que o óleo tem que sair da água e ir pra esse líquido?
- () Alunos: Sim.
- () Pesquisador: Então... O óleo deve apresentar maior interação com quem? Com o líquido, não é? Então... O líquido deve possuir uma alta interação com o óleo essencial.

Em momentos de discussão, eu disse aos alunos que deveria ser utilizado, portanto, um solvente orgânico, e dei a opção de três, para que eles pesquisassem, discutissem e chegassem à conclusão de qual seria o melhor entre: diclorometano (cloreto de metileno), hexano ou clorofórmio (triclorometano). Primeiramente uma aluna manifestou interesse de auxiliar a turma e me perguntou se poderia utilizar a internet para as pesquisas. Eu disse que sim e no próprio computador do laboratório de ensino –

LEQuim – onde estavam sendo realizados os encontros, a aluna fez a pesquisa, enquanto os outros alunos foram fazendo a montagem do sistema de destilação por arraste a vapor, que estava representada através de desenho no quadro. Após alguns minutos ela disse que havia feito a pesquisa e que gostaria de discutir com os colegas. Foi até a frente da sala e passou alguns dados no quadro, entre os quais constavam a temperatura de fusão e de ebulição, informações sobre a toxicidade, a fórmula química, a densidade e a polaridade – o que permitiria previsões a respeito da solubilidade. Eu perguntei o motivo das informações e ela disse que anotou o que julgou importante, mas que os dois mais importantes eram a temperatura de ebulição – pra saber qual vaporizaria primeiro – e a toxicidade. Questionei o motivo de ter anotado a densidade e ela não soube explicar. Essa é uma informação importante, que seria utilizada pra prever qual líquido ficaria em cima e qual ficaria embaixo (solvente orgânico e água), então não pode-se dizer que essa foi uma atividade independente, pois ocorreu ao acaso. Em discussão com os colegas, concluíram que o melhor solvente a ser utilizado seria o diclorometano, pois tem temperatura de ebulição igual a 40°C e densidade igual a 1,3266 g/cm³.

Em proposição ao momento da montagem do roteiro procedimental e consequente execução tem-se o seguinte diálogo:

- () Pesquisador: ... Vocês falaram que deve abaixar a temperatura. Mas pra quê? Por que abaixar a temperatura?
- () Aluno T: Porque a água está no estado gasoso, junto com o óleo, e tem que abaixar a temperatura pra voltarem pro estado líquido, que é o estado natural [com essa expressão, “estado natural”, o aluno quis dizer que a água e o óleo encontram-se no estado líquido à temperatura ambiente].
- () Pesquisador: E como vocês vão abaixar a temperatura?
- () Aluno G: Com gelo, professor? Pode ser?
- () Pesquisador: Mas como vocês vão fazer o gás passar no gelo? Pensem melhor.

Nesse momento os alunos olharam os materiais disponíveis na bancada e uma aluna identificou que o condensador seria exatamente para fazer o gás voltar para o estado líquido. Euforicamente, ela pegou o condensador e apontando para o espiral que existe no interior do mesmo, disse: “Gente! O gás que vai ser a água e o óleo, vão passar por aqui, nesses caninhos, ó, tá vendo? E nesse espaço aqui de fora deve que é água que a gente vai jogar... Jogar... Não... Jogar não... Passar!”

Depois de cinco minutos, aproximadamente, eu voltei à bancada e os alunos já tinham a resposta:

- () Aluno T: Professor, vai passar água.
- () Pesquisador: De que jeito? Como vai fazer?
- () Aluno G: Uai, a gente passa água aqui, ó... [indicando o espaço apropriado para passagem de água corrente no condensador]
- () Pesquisador: Que água? Como vai fazer?
- () Aluno I: Já sei! Tá vendo esses buraquinhos aqui? [indicando os orifícios de entrada e saída de água, e observando as mangueiras disponíveis nas bancadas] A gente vai ligar na torneira e deixa encher e depois fecha.
- () Aluno G: Depois fecha? Depois fecha não, uai, se não a água pára.
- () Aluno T: Não pode parar, né?!
- () Pesquisador: Por que não pode?
- () Aluno T: A água corrente é mais rápida.

Mais uma vez a análise dessa última resposta indica que a água corrente iria retirar calor da água e óleo essencial com velocidade maior do que se fosse água parada. Não é possível apreender se os alunos compreendem que a água parada iria retirar calor e aumentaria sua temperatura, de forma que o processo da retirada de calor se tornaria cada vez mais lento, enquanto a água corrente não possibilita aumento de temperatura já que a todo momento chega mais água a uma mesma temperatura, então a água que retira a temperatura das substâncias gasosas, é eliminada quase que imediatamente, cedendo lugar à água corrente.

É importante dizer que a análise feita anteriormente, refere-se a um grupo específico de três alunos, pois a filmadora estava mais próxima da bancada deles e a vídeo gravação ficou melhor. Em outros momentos serão apresentados diálogos de outros grupos de alunos, como o que se segue:

- () Pesquisador: O que vai obter no final?
- () Aluno N: Água e óleo essencial.
- () Aluno A: Ah, será que é? Eu achava que ia ter só óleo. O óleo direto, já.
- () Aluno N: É sim. Sabe por que? Porque a água vai ferver, né? Vai entrar em ebulição, tipo quando chegar em cem graus celsius. Daí ela vai querer subir, só que não vai dar pra sair porque ela tá presa dentro dos vidros, né? No sistema... E ela vai levar o óleo junto com ela. Não tem como ser só óleo não. Até porque dentro lá do vidrinho [se referindo ao balão] vai ter a planta e água, pra ficar de molho e ferver. Aí sim quando a água ferver, ela leva o óleo junto.

Essa é a fala que melhor resume a atividade realizada e seus desdobramentos para a purificação do óleo.

- () Aluno A: Entendi... Então vai ter água e óleo no final... E vai ter é muita água então, né?! Não vai ter pouca não. Porque vai ficar de molho e o óleo só vai subir quando a água subir.
- () Aluno N: Isso. Pro óleo subir, ele depende da água ferver. Então o óleo é dependente da água.

No diálogo acima, mais uma vez, percebe que a mediação foi executada sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal, mas, dessa vez, o mediador foi um par mais capaz, no caso, o aluno N, já que ele conseguiu explicar pro aluno A, de forma a que ele entendesse e continuasse a explicação do que aconteceria.

- () Pesquisador: E no final, então, o que nós queremos?
- () Aluno B: Óleo essencial, uai, não é?
- () Pesquisador: Isso. E só o óleo essencial, né?!
- () Aluno A: É só óleo.
- () Pesquisador: Então... Vocês vão ter uma mistura, certo? De óleo e água. Essa mistura? Vai estar de que aspecto? Visualmente falando...
- () Aluno N: Uai, separado, né?! Óleo em cima e água embaixo.

Aqui, mais uma vez, retornamos a discussão realizada anteriormente. Os alunos não possuem, ainda, a ideia de que o óleo pode estar solubilizado em água, dependendo da quantidade. A ideia, por momento, estante, é que as substâncias são ou completamente miscíveis (como água e álcool), ou completamente imiscíveis (como o óleo e a água, por exemplo). Ao identificar essa concepção alternativa, é preciso buscar meios e mobilizar a atenção para saná-la, garantindo, de fato, que ocorra aprendizagem ao que se refere a esse conceito.

Essa intervenção foi feita de maneira que ao analisar as transcrições das vídeo gravações foi possível perceber que os alunos começaram a se apropriar do conhecimento tido como verdadeiro, como exemplo: “então o óleo tá misturado na água, né?”, “mas agora tá difícil porque o óleo não tá separadinho da água igual a gente imagina o óleo de cozinha”, “professor, então agora vai ter que separar, né”. **A partir da constituição das linguagens, cientificamente corretas ou não, é possível prever que houve aprendizagem** (MORTIMER, 2000). E, de acordo com a abordagem histórico-cultural em questão, a aprendizagem ocorreu primeiramente pelo diálogo entre os pares e através da mediação do pesquisador, para, posteriormente, ocorrer em uma esfera intrapessoal e ser expressada através da linguagem.

8.2.5 Aula 5 e 6

De forma **triangular** os dados, utilizou-se, também, um relato escrito pelos alunos ao final da sexta aula do episódio 2, no qual deveria constar todas as etapas realizadas nas aulas anteriores, que vai desde o primeiro encontro em que foi discutido o que é o perfume, até o sexto, no qual houve a socialização entre os grupos de como a atividade experimental foi desenvolvida. Abaixo são apresentados trechos dos relatos e, em destaque, encontram-se as partes que podem indicar que houve, de fato, atividade de aprendizagem.

Figura 10 – Relato final de um do aluno J.

Primeiramente, ocorreu um planejamento e compreensão do que é perfume. Perfume em do latim, e significa "aquilo que dissipa através da fumaça" e não uma forma de comunicação entre as pessoas, pois tem uma fragância característica (essência) e é uma mistura de substâncias (água/alcool/óleos essenciais). O óleo essencial pode ser extraído de plantas, flores, caule, casca, raiz, semente, fruto, animais e também pode ser produzido em laboratório. Dessa forma, podem ser naturais ou sintéticos. Além disso, o perfume pode ter um resultado diferente em peles diferentes por diversos motivos, como a essência da pele, temperatura, quantidade de suor e exalação.

Os perfumes (fragâncias) são divididos em classes: cítricos, florais, chypre, amadeirado, âmbar, couro e felpudas e são em perfumes, cremes, óleos terapêuticos, desodorante, colônia, talco, loção pós-barba, xampus, condicionadores, sabonetes, produtos de limpeza, adalçoadores, etc. O óleo essencial é o mesmo para produtos masculinos e femininos. Todo perfume tem um tempo de entrada, base e saída, que é o tempo que fica na pele e toda perfumação são uma mistura de substâncias. Para obter o óleo essencial é preciso passar por um processo de extração e purificação.

Além disso, existem a modo de extração de misturas, como a evaporação (processo que ocorre após a purificação e colação, no qual se utiliza vácuo para separar), a filtração, catção, decantação, filtração, destilação, centrifugação, separação magnética, sedimentação, filtração, cromatografia. Entre estes é utilizada a destilação e a extração por solvente, a destilação para se obter o óleo essencial. A destilação inclui aquecimento, condensação e resfriamento. A extração por solvente, obtém o gosto, cheiro, cor e essência do óleo essencial.

Depois desta compreensão, planejamos o que vamos fazer para obtermos o óleo essencial. Num esquema (que) o que fazíamos em uma panela: colocávamos a matéria prima em água e aquecíamos esse líquido para que ele retire as propriedades da matéria prima como gosto, cheiro e cor; a vapor resultante desse aquecimento se condensava juntamente a água na temperatura ambiente e esse líquido tem o óleo essencial em pequena quantidade. Com o óleo em pouca quantidade, ele não se mistura com a água. Após isso, colocávamos outro líquido com a água + óleo essencial, mas esse líquido tem que ter mais interesse com o óleo do que com a água. Para que passasse uma mistura homogênea (duas fases, bi-fásica) e um outro líquido também deveria ter uma temperatura de ebulição menor que a água. Entretanto, mesmo em panela que fervia não adiantava pois que a água evaporasse.

Após o planejamento, tivemos a oportunidade de ir para ao auto como é feita a extração do óleo essencial. Para isso, tivemos várias etapas de matéria-prima

Fonte: Do autor.

Através desse relato, é possível identificar que a mediação realmente foi feita sobre a Zona de Desenvolvimento Proximal, porque os alunos estavam na iminência de aprenderem os conteúdos químicos abordados, uma vez que identifica-se pela escrita da aluna que eles já haviam aprendido sobre as técnicas de separação de misturas de forma simples (da maneira como é citado pela aluna) e dominavam tal conteúdo de maneira independente, indicando um Nível de Desenvolvimento Real.

É possível identificar também, que a atividade, de acordo com a teoria, foi orientada pela aprendizagem (MOURA, 2010), de forma a mobilizar os alunos a planejarem o que seria feito para atingirem o objetivo posto e compartilhado. A linguagem da aluna mostra que o grupo, enquanto entidade coletiva, planejou o que seria realizado na atividade experimental. O objeto da atividade, que era o óleo essencial, foi foco para ser obtido e possibilitou uma aprendizagem melhor e maior no que se refere ao conteúdo de solubilidade, podendo ser visto através das falas: “Após isso, colocaríamos outro líquido com a água + óleo essencial, mas esse líquido teria que ter mais interação com o óleo do que com a água, para que formasse uma mistura heterogênea (duas fases, bifásica) e esse outro líquido também deveria ter uma temperatura de ebulição menor que a água” e “...que estava dentro de uma bacia com gelo para abaixar a solubilidade do óleo na água”.

Ao analisar as falas acima, percebi que o conteúdo de solubilidade foi compreendido, já que de acordo com as respostas dadas ao primeiro questionário e as anotações do diário de campo, os alunos expressam que solubilidade está relacionado a “uma coisa que mistura com outra”, ou ainda “uma substância que dissolve”. A partir da mediação auxiliada pela experimentação investigativa, é possível contrapor a nova significação dada ao termo “solubilidade” e perceber que o mesmo teve sua compreensão aumentada, já que o aluno conseguiu relacionar, inclusive, que a temperatura é um dos fatores que influenciam a solubilidade. Isso foi possível de ser afirmado porque de acordo com o relato, o aluno disse que a mistura óleo essencial e água que eram recolhidos no erlenmeyer no final do sistema de extração por arraste a vapor estava imerso em uma bacia com gelo para, em palavras dele, “abaixar a solubilidade do óleo na água”. A partir dessa fala, de acordo com a análise do dito e do não dito, entende-se que o aluno compreendeu que o óleo essencial não é completamente insolúvel em água, pois, se é preciso “abaixar a solubilidade do óleo”, existe certa solubilidade. E ele compreende, ao analisar a transcrição das aulas, que a quantidade obtida do óleo essencial na extração é tão baixa que o mesmo encontra-se solubilizado em água, sendo, portanto, necessário

diminuir a solubilidade para em um momento posterior facilitar a purificação do mesmo, ou seja, facilitar a separação do óleo essencial da água.

Pode-se citar, também, que a experimentação investigativa, enquanto promotora de atividade de aprendizagem contribuiu para o desenvolvimento da competência de decisão e de criticidade nos alunos, assim como afirma Oliveira, R. (2009), o que pode ser observado pela proposição em destaque na figura abaixo: “Dentre as opções, escolhemos o limão pois consideramos de fácil acesso e também que o resultado seria agradável”.

Figura 11 – Continuação do relato final do aluno J.

para que realizássemos a extração. Dentre as opções, escolhemos o limão pois consideramos de fácil acesso e também que o resultado seria agradável. Escolhemos e iniciamos o processo de extração: lavamos o limão (casca, bagço e também a polpa) e maceramos a casca e a parte branca (bagço) do limão no alambique com o pistilo e espremos o caldo do limão. Decidimos colocar todas as partes do limão dentro do budo de fundo redondo que foi colocado dentro de uma manta térmica. Colocamos o limão com água no budo que foi conectado com um coletor em Y, que foi ligado ao termômetro e ao condensador, que também foi ligado a mangueiras, para que tivesse água corrente e se condensasse o vapor produzido da ebulição do limão + H₂O. Após o vapor se condensar, o óleo essencial do limão + H₂O foi depositado no Erlenmeyer, que estava dentro de uma bacia com gelo para abaixar a solubilidade do óleo na água. A água + limão começou a ferver assim que o vapor atingiu 45°C. Esta extração é denominada extração por arraste.

Depois que o óleo essencial + água foi depositado no Erlenmeyer, (consequimos obter 250 ml) realizamos a purificação. Para que fosse realizada a purificação, precisamos definir qual seria o “líquido” que utilizaríamos e qual líquido que fosse apolar (maior afinidade com o óleo do que com água, que é polar), tivesse densidade maior que a água, temperatura de ebulição também menor que a da água e menor toxicidade. Dentre os líquidos (solventes orgânicos) tivemos que decidir entre o diclorometano, cloroformo e hexano, e ficamos com o diclorometano, que apresenta todas as diferenças acima e também não é solúvel em água, de acordo com o pesquisa feita por Antony.

Escolhido o solvente orgânico, realizamos a purificação na capela (fizemos dentro da capela, por causa da toxicidade do diclorometano). Dividimos a quantidade de óleo essencial + água em 3 e colocamos uma parte no funil de separação e adicionamos 20ml de diclorometano na proveta, que em seguida colocamos também no funil de separação e agitamos para que formasse um sistema heterogêneo (bifásico). Assim que isso aconteceu, abrimos o funil e retiramos o diclorometano + óleo essencial, que se depositou no fundo do funil por ser mais denso que a água e como o diclorometano é insolúvel em água e apolar, ficou uma mistura bifásica. Depois que retiramos o diclorometano + óleo essencial e depositamos no bequer, repetimos o processo 3 vezes com 20ml de diclorometano e depois realizamos mais uma vez com 15ml de solvente orgânico para ter certeza de que a purificação foi feita e não tinha mais água na mistura.

Em seguida, deixamos o bequer com a mistura na capela para que o diclorometano se evaporassem e restasse apenas o óleo essencial do limão. Enfim, o diclorometano se evapora e resta o óleo essencial, que foi obtido em pequena quantidade. Foi uma experiência muito interessante e proveitosa, pois podemos perceber que não é fácil obter o óleo essencial e “fazer perfume”.

Agradecemos ao professor e MESTRE Rafael Salgado por nos proporcionar esse curso!

Fonte: Do autor.

De acordo com o relato acima pode-se observar, também, que os alunos ocuparam o centro do processo, caracterizando o papel de sujeitos ativos na aprendizagem, indicado pelo roteiro procedimental descrito. De acordo com Leontiev (1978), os sujeitos exercem um papel importante e individualizado no processo da atividade de aprendizagem, portanto, é necessário a coordenação e harmonia com o coletivo, a partir da divisão do trabalho, para que a necessidade seja satisfeita e o objeto, alcançado. Outra ação de grande importância para a execução da atividade é a que está descrita pelo primeiro retângulo do relato acima. O aluno afirma que o líquido que deveria ser utilizado para a purificação do óleo essencial deveria apresentar algumas características específicas, entre as quais: “fosse apolar (maior afinidade com o óleo do que com a água que é polar) (...), menor toxicidade”. Nas falas, é apresentado que uma aluna ficou responsável por fazer a pesquisa de qual seria o solvente orgânico ideal entre clorofórmio, diclorometano e hexano, e apresentasse o resultado pra sala. De acordo com as características de cada líquido, foi decidido que a substância que atenderia melhor o propósito da separação do óleo essencial da água seria o diclorometano, por ser menos tóxico, apresentar caráter apolar e baixa temperatura de ebulição (40°).

Outro fator que demonstra que ocorreu, de fato, uma atividade de aprendizagem, ou seja, os alunos entraram em atividade para solucionar a problemática proposta, é que o fato de uma aluna ter se disponibilizado para realizar a pesquisa e o levantamento de características sobre os solventes orgânicos e, depois, em momento de socialização ter comunicado os outros alunos da sala e seus integrantes de grupo sobre os dados levantados, demonstra que, realmente, a atividade ocorreu primeiramente em uma esfera interpessoal para, posteriormente, ocorrer de maneira intrapessoal, como observado pelos relatos feitos pelos alunos ao final da última aula do episódio de ensino. O professor aparece como um elemento mediador, além de utilizar a atividade experimental investigativa como um instrumento de mediação. E de acordo com Rego (2007), o professor é capaz de possibilitar situações que despertem a curiosidade e estimulem a troca de informações entre os alunos, ou seja, interação entre os pares, favorecendo o aprendizado. No que se refere à experimentação investigativa, ao exigir atividades como observação, proposição, levantamento de hipóteses, apresentação de um planejamento procedimental, pesquisa sobre o tema proposto, resolução de questões, elaboração de relatórios e socialização entre os pares, está ocorrendo aprendizagem, o que acarretará um desenvolvimento subsequente, em faculdades mentais superiores.

Outro fator positivo no que tange ao aprendizado a partir de atividades investigativas é que como o mesmo acontece a partir da observação e consequente investigação, para apreender um conceito, é necessário pesquisar e aprender outros, além de que é necessário que o aluno relembre outros conteúdos que ele já sabe, relacionando-os, de maneira que o Nível de Desenvolvimento Real seja ampliado, deslocando, portanto, a Zona de Desenvolvimento Proximal para uma esfera maior e mais inclusiva de conceitos, ou seja, ampliação da mesma. Através do relato anterior, pode-se perceber que para executar a atividade proposta e aprender mais e melhor o conceito de solubilidade, os alunos tiveram de acessar os conceitos de “mistura e solução”, que envolve outros conceitos como “substância” e “matéria”. O aluno faz uma discussão afirmando que após a adição do solvente orgânico diclorometano, o sistema tornou-se bifásico, tendo vista a insolubilidade do mesmo em água. De forma análoga, é necessário que o aluno acesse outras informações como “propriedades da matéria”, no caso, “densidade”, para prever que a fase inferior é a fase orgânica, em que se encontram o diclorometano e o óleo essencial extraído, e que, a fase superior é a aquosa, livre de óleo: “já que a densidade do líquido diclorometano é maior, que a aluna N pesquisou, ele fica embaixo e a água em cima, o óleo vai pra baixo junto com o dicloro, saindo da água”.

Outro fator que não deve ser deixado de lado, proporcionado pela atividade investigativa realizada, é que a mesma auxiliou na construção de uma imagem real de Ciência e seus desdobramentos, como aplicabilidade, que de acordo com Gil Pérez (2001) é deformada e estagnada. Portanto, a atividade investigativa auxiliou no rompimento de tal visão, o que pôde ser observado através da fala: “Foi uma experiência muito interessante e proveitosa, pois podemos perceber que não é fácil obter o óleo essencial e “fazer perfume””.

Leontiev (1985) define que atividades são os processos psicologicamente caracterizados por uma meta a que o processo se dirige (seu objeto) coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar esta atividade, isto é, o motivo. De tal forma, o experimento investigativo aqui, é tomado como a atividade, em que a meta a que o processo se dirige, ou seja, o objeto, é o óleo essencial, que deve ser extraído da matéria-prima escolhida pelos grupos, fornecida pelo pesquisador. O objetivo que estimula o sujeito a executar a atividade, ou seja, o motivo é gerado em uma esfera maior e mais complexa, e, de acordo com Leontiev (1978, apud ESPIMPOLO et al, 2012, p. 110) por se tratar de um sistema, os elementos que a constituem tais *como a necessidade, o objetivo, o motivo, as ações e as operações* são interdependentes e se inter-relacionam,

“portanto, não se aplica fragmentar a estrutura da mesma para estabelecer classificações estanques de suas entidades”. O que se pode afirmar aqui é que a atividade de extração do óleo essencial foi realizada pelos alunos que se dispuseram a participar do encontro. A participação do minicurso denominado “Química dos Perfumes” foi de livre e espontânea vontade dos alunos, os quais decidiram frequentar as aulas que aconteciam no período da tarde, ou seja, em período contra turno ao do ensino regular deles, o qual acontece no turno matutino, enquanto que o motivo foi a aprendizagem de conteúdos químicos. Portanto, cabe ressaltar que a motivação não era atingir notas ou conseguir aprovação em alguma disciplina, e nem mesmo um certificado de participação em minicurso, já que o mesmo não foi oferecido. Foi ofertada aos alunos a possibilidade de participação de um episódio de ensino de seis aulas que aconteceriam na Universidade Federal de Alfenas com duração de duas horas e meia cada encontro. No total, frequentaram do início ao fim, quinze alunos.

Outro dado obtido e que corrobora discussão, sendo mais uma justificativa para sustentar que os alunos realmente assumiram a atividade como seres ativos no processo, é que uma aluna levou, no quinto encontro, uma revista que continha um artigo sobre o tema estudado “Perfumes”, intitulado “Os segredos do perfume”, e pediu para que eu mostrasse para os outros alunos e realizasse uma discussão entre os pares. Eu acatei a sugestão da aluna e entreguei uma cópia do artigo para cada aluno que participou do minicurso. O artigo encontra-se na revista Seleções Reader’s Digest e parte dele está ilustrada abaixo:

Figura 12 – Artigo “Os segredos do perfume”.



Fonte: Revista Seleções Reader’s Digest.

8.3 EPISÓDIO 3: A QUÍMICA DAS BALADAS

Justificativa: O eixo temático estruturador escolhido para ensinar os conteúdos de “luminescência”, “fluorescência”, “fosforescência”, “modelos atômicos”, “saltos quânticos”, “transformações energéticas”, objetiva uma busca dialética entre conhecimento científico escolar e a realidade dos estudantes, tendo em vista que estes participam ativamente da construção, reconstrução e perpetuação da realidade cultural envolvida no nível fenomenológico do minicurso apresentado: as festas noturnas da cidade universitária em que residem.

Já foi apontado em capítulos anteriores e em pesquisas publicadas na literatura a carência da experimentação no ensino médio, e essa, quando existe, acaba, por vezes, sendo infrutilizada. Os episódios tiveram como foco uma atividade experimental que é demandada por necessidade, principalmente a dos alunos “aprenderem Química”. A ausência de aulas experimentais é atribuída aos fatores já apresentados e, também, à falta de laboratórios na escola e a resistência de alguns professores em se engajar nestas atividades. Enquanto pesquisador, e neste último episódio, contando com a colaboração dos bolsistas do PIBID, foi possível romper a barreira mais facilmente no sentido de que os sujeitos se engajaram para propiciar atividades experimentais por não terem tido contato com a mesma em uma abordagem satisfatória durante o ensino médio ou mesmo graduação, e por acreditar na importância e potencialidade que a mesma representa para atividades de aprendizagem.

Considerando as discussões existentes na literatura sobre o ensino por investigação, como apresentado neste trabalho, parti do nível macroscópico, ou seja, da abordagem fenomenológica para a teórica. Por ter optado trabalhar em uma perspectiva histórico-cultural, apoiada no materialismo dialético, preparei o ambiente de aprendizagem – Laboratório de Ensino de Química – de modo que o mesmo representasse uma boate de festas noturnas. O primeiro contato dos alunos com o LEQuim para o terceiro minicurso foi de grande surpresa, porque os mesmos foram com a expectativa de encontrar um laboratório de Química tradicional, e não foi isso que identificaram.

Figura 13 – Vista do laboratório de ensino de Química simulando uma boate

Fonte: Do autor.

8.3.1 Aula 1

Pedi aos alunos que se organizassem nas bancadas em grupos de 3 a 4 alunos. Apresentei a proposta de trabalho para os sujeitos, explicando mais uma vez que o mesmo se tratava de um projeto de pesquisa de mestrado e que eu precisaria de informações advindas deles. Tais informações seriam coletadas por meio dos questionários, do relato final e da transcrição das aulas. Cabe ressaltar que todos os alunos entregaram a ficha de autorização de vídeo gravação para utilização de voz e imagem para fins de pesquisa assinada pelo responsável. Todas as aulas foram filmadas e os trechos de maior interesse para a pesquisa foram transcritos e, posteriormente, analisados.

A aula teve início com o seguinte questionamento levantado por mim: “Como nós enxergamos?”. E a primeira resposta obtida foi:

() Aluno G: Porque há luz e há cores. Isso faz com que nossos olhos permitam que reconhecemos os objetos.

Em seguida, outros alunos respondem:

() Aluno R: Devido às imagens enviadas ao cérebro, invertidas, que depois são invertidas mais uma vez e chegam aos olhos.

() Aluno D: Porque com a luz do Sol tudo se reflete, que é uma luz muito forte, né?! Então até mesmo as coisas de cores escuras. Enxergamos por causa da luz.

() Aluno I: Porque temos claridade e... Dá pra enxergar diante da luz...

() Aluno G: Através da reflexão e absorção.

() Pesquisador: Então o que há de comum na maioria das respostas?

() Alunos: A luz, né...

A partir do diálogo apresentado, discuti com os alunos que antes da imagem chegar até ao cérebro, como três dos alunos disseram, precisamos de luz.

- () Pesquisador: Quando estamos no escuro total não enxergamos nada, não é isso? Exatamente. Precisamos de luz para enxergar. Com pouca luz, identificamos alguns volumes de objetos ou a nuance claro/escuro, mas não identificamos nem os detalhes e nem as cores. Mas o que é a luz?
- () Aluno G: Uai, é claridade.
- () Aluno A: É a lâmpada.
- () Aluno T: Não, é o que vem da lâmpada.
- () Aluno B: Luminosidade, brilho.

A partir da resposta dos alunos, identifiquei que a maioria entende a luz apenas como aspecto macroscópico, como sinônimo de claridade e/ou lâmpada. Um ou outro aluno respondeu que luz é um tipo de calor, ou energia, que dá ideia de movimento. Essas respostas indicam que o conceito não está muito bem estabelecido enquanto conceito cientificamente aceito. Para formalizar o conceito, parti de outras perguntas, como: “o que é som?”, “o que é calor?”, para chegar à definição ondulatória, enquanto radiação eletromagnética que se propaga na forma de onda de comprimento visível a olho humano (400 a 700 nanômetros, aproximadamente), como energia radiante. Posteriormente, para concluir que a luz também pode ser entendida a partir de teoria corpuscular, discutimos que a luz é formada por pequenas partículas denominadas “fótons”. Para finalizar este momento, a definição formalizada e apresentada aos alunos foi: “a luz é uma onda eletromagnética visível”. Os alunos questionaram a existência de ondas invisíveis. E, então, utilizando a representação de um espectro eletromagnético ilustrado, apresentei a existência das ondas de rádio, de TV, de celulares, do aparelho micro-ondas. A luz é um tipo de energia liberada pelos átomos, a partir dos fótons. Discuti, superficialmente, que estes fótons se propagam a uma velocidade constante, que é a velocidade da luz (a velocidade da luz no vácuo é 3×10^8 m/s no vácuo) e que, diferentemente do som, a luz não precisa de um meio para se propagar. Apresentei a curiosidade do erro do filme Star Wars, em que as explosões espaciais emitem som, o que é incorreto. O som se propaga através de ondas mecânicas, e esse tipo de onda necessita de um meio para se propagar, diferentemente da luz, que é uma onda do tipo eletromagnética. Esta última não necessita de matéria para se propagar, portanto, é possível a emissão de luz no vácuo.

A mediação realizada até o momento identificou que o conceito de luz encontrava-se na Zona de Desenvolvimento Potencial, já que os alunos estavam na eminência de

aprendê-lo. A partir da discussão efetivada, procurei incorporar o conceito no Nível de Desenvolvimento Real, ampliando o mesmo, de forma a que os diferentes tipos de luz e suas aplicações encontrassem, por sua vez, na Zona de Desenvolvimento Potencial, permitindo nova mediação para potenciais aprendizagens.

O entendimento do que é luz apresenta-se como *necessidade* para ampliação da zona de desenvolvimento potencial, já que o objetivo seguinte é entender o que é a lâmpada de luz negra e, para entender o conceito de luz ultravioleta, é necessário que “luz” faça parte do nível de desenvolvimento real do sujeito. O próximo passo foi a comparação de uma lâmpada de luz branca com uma lâmpada de luz negra. Os alunos disseram que a luz dessa última parece não clarear. Durante o questionamento “quais os tipos de lâmpadas vocês conhecem?”, obtive as respostas: “fluorescentes”, “incandescentes” e “essas aí” (referindo-se às lâmpadas de luz negra). Apresentei o desenho que representa uma lâmpada incandescente e pedi que os alunos explicassem as partes que compõem o objeto.

Partindo dos próprios alunos, surgiu o questionamento sobre a comparação entre as lâmpadas no que diz respeito à durabilidade, custo de aquisição e gasto energético. Com informações espontâneas e integrantes do nível de desenvolvimento real, eles afirmaram que as lâmpadas fluorescentes iluminam mais, gastam menos e tem maior durabilidade. Expliquei, tendo em vista o desenho, as partes da lâmpada e falei sobre a camada de fósforo que envolve o vidro das lâmpadas fluorescentes, diferenciando-as. Afirmar que a alta temperatura é responsável pelo agitação dos átomos de tungstênio, que ao se chocarem geram a incandescência do filamento, provocando a emissão de luz, no caso das incandescentes. Para as lâmpadas fluorescentes, a emissão de fótons, a partir de átomos de fósforo, é responsável por emitir o brilho visível (porque o brilho do mercúrio não faz parte do espectro eletromagnético da luz visível). Uma aluna interrompe a explicação com a fala:

() Aluno G: Professor, já sei... Essa lâmpada azul aqui então (referindo-se à lâmpada de luz negra) é igual a essa fluorescente que você tá explicando, só que sem o fósforo, né?!

() Professor: Isso, é mais ou menos isso.

() Aluno N: Mas, professor... Essa lâmpada negra aí tem mais alguma coisa, não tem? O vidro dela é diferente...

() Professor: Sim... A lâmpada de luz negra, além de não ter a camada de fósforo revestindo o vidro, tem o vidro escurecido. Por que? Vamos fazer uma leitura coletiva, agora, deste material que entreguei no começo da aula? [O material encontra-se no apêndice I]

O trecho relatado acima possibilita a compreensão de outros fatores como a curiosidade e mobilização da atenção para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem como a interpretação e aplicação dos conceitos em diferentes contextos. O aluno G, em sua primeira fala, percebe a semelhança entre a lâmpada de luz negra utilizada e a lâmpada fluorescente que era objeto de estudo no determinado momento. Além disso, ele foi capaz de acusar a característica que distingue ambas, de modo a diferenciá-las.

Ao final da leitura compartilhada, em que cada aluno participou lendo um parágrafo, surgiu a seguinte discussão:

() Aluno G: Professor, então... É... A gente enxerga a lâmpada de luz negra meio azul, meio roxa, porque ela emite, é... Como fala... É... Luz, onda eletro... Eletromag... Eletromagnética de um tamanho parecido com o do violeta?

() Professor: Sim. Exatamente. Olhem para o espectro lá na televisão (apontando para a televisão que transmitia a representação de um espectro eletromagnético semelhante ao que está abaixo). A cor violeta é a primeira cor que faz parte do espectro visível, certo?

() Alunos: Certo.

() Aluno D: Que vai de 400 a 700 bilionésimos de metro, né?!

() Professor: Isso. Isso mesmo. Por isso a luz negra é dessa cor. Olha só. Ela chama violeta, não é? Ultra vem de abaixo, menor... Se ele está perto do violeta, nós vamos interpretá-lo com uma cor próxima ao violeta, porém essa cor não é captada pelo olho humano. Lembra que nós discutimos? Nós enxergamos só na faixa de 400 a 700nm. E o infravermelho é a primeira região que vem depois do espectro visível, perto dos 700nm, certo? Infra significa acima.

() Aluno G: Professor tenho uma dúvida. Tem luz negra de outra cor sem ser roxa?

() Professor: Vamos pensar juntos... Vocês acham que sim ou não?

() Aluno N: Eu nunca vi.

() Aluno T: Ah, não tem não, né... Uai...

() Professor: Mas por que não tem?

() Aluno A: Eu acho que assim... A lâmpada é de ultravioleta, né? Aí, tipo... O último é infravermelho... Assim... O que a gente enxerga começa no violeta. E a lâmpada é o ultravioleta. Tá ali do lado... Entendeu?

() Alunos: (risadas).

() Professor: Eu entendi o que você quis dizer. É isso mesmo. A lâmpada de luz negra emite raios de ultravioleta. Não tem como separar perfeitamente o comprimento de onda... Ele é aproximado. Então escapa um pouco de raios de luz visível, é claro... Mas de comprimento de onda pequeno pra nossa visão. A primeira cor que enxergamos é o violeta. Percebem que até o nome é parecido? Ultravioleta e violeta... Então, por isso que as lâmpadas de luz negra são roxas, violetas. Certo? Tá claro? Excelente pergunta, aluno G. Excelente.

Outra discussão foi realizada explicitando os tipos de luz ultravioleta (A, B e C), relacionando ao bronzeamento e raios solares, porém não será detalhada aqui por não representar interesse para o trabalho apresentado.

A aula é finalizada com a apresentação de aplicações das lâmpadas de luz negra, como a identificação de obras de arte falsas, perícia, notas falsas, vazamento de gás em alguns equipamentos. Uma aluna ainda fez o questionamento:

- () Aluno G: Professor, os quadros de hoje em dia vão brilhar, né?! (referindo-se às telas pintadas com tintas mais recentes)
- () Professor: Sim, por que?
- () Aluno G: E o antigo não... O novo brilha porque tem fósforo... Então a gente vai saber que é falso porque os de antigamente eram pintados com tinta sem fósforo, então não vai brilhar. Mas significa que tudo que tem fósforo brilha na luz negra, então?
- () Professor: E aí, hein?! O que será?

Para finalizar a análise da aula 1, de acordo com a Teoria da Atividade de Leontiev, apresento um esquema semelhante ao apresentado pelo referido autor, relacionado ao conteúdo químico desta aula.

Análise da atividade na aula 1:

Tabela 4 – Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem na aula 1.

Necessidade	Condições Internas
Possuírem conhecimentos suficientes para entenderem o fenômeno da luminescência, tais como o domínio do conceito de “luz” e o entendimento dos diferentes tipos de lâmpadas, relacionando-os às suas distintas aplicações.	Motivação em participar de uma atividade extraclasse.
Motivo	Objeto
Compreender o funcionamento das lâmpadas e seus diferentes tipos.	Conceito de luz e funcionamento de lâmpadas.
Ações	Objetivos
Leitura do material fornecido e relacioná-lo ao conhecimento que já possuem, por meio das interações com os outros pares e com os questionamentos do professor.	Aprender quimicamente os conceitos “ondas” e entender o que significa a representação do espectro eletromagnético relacionando frequência e comprimento de onda (relação inversa).
Operações	Condições Operacionais
Recorrer a informações que já possuem na estrutura cognitiva (por senso comum ou não) e externá-las, além de realizar buscas no NDR para expressar a partir das indagações realizadas. Responder ao questionário entregue ao final da aula.	Material didático fornecido e discussão realizada.

Fonte: Do autor.

8.3.2 Aula 2

O principal objetivo da aula 1 era a aprendizagem do conceito “luz”, assim como suas diferentes fontes de emissão, como Sol, animais e lâmpadas, aprofundando no entendimento dessas últimas, seus diferentes tipos (incandescente, fluorescente e de luz negra) e funcionamentos. A abordagem foi interdisciplinar, corroborando a perspectiva de laboratório aberto, já que envolve discussões que em sua maioria partiram de questionamentos levantados pelos alunos tal como o custo das lâmpadas, a durabilidade das mesmas, o consumo em quilowatts (kW) e a utilização (economia e meio ambiente). Ao se tratar das lâmpadas de luz negra, foi necessário discutir o espectro eletromagnético, algo abstrato para os alunos, pois o mesmo trata de ondas que não são visíveis (com exceção da região que vai de 400 a 700nm, aproximadamente). Houve estranhamento por parte dos alunos ao identificar que as ondas de rádio são “semelhantes” às ondas de luz, diferenciando apenas no comprimento. As discussões realizadas até este momento, foram necessárias para permitir o ensino do próximo conteúdo, de modo que o anterior encontrasse apreendido no Nível de Desenvolvimento Real e o próximo, realizado na aula 2, abordando as partes constituintes da matéria, até se chegar ao entendimento de átomo (elétrons, prótons e nêutrons), assim como suas regiões (núcleo e eletrosfera), ocupasse a fronteira da Zona de Desenvolvimento Potencial. As discussões foram realizadas considerando a Teoria da Atividade que norteou a pesquisa, contemplando a abordagem histórico-cultural, que consideram fatos sociais e históricos, o que indicou a necessidade de compreender os primeiros apontamentos realizados sobre a matéria e suas menores partes constituintes, que datam desde os filósofos gregos, passando, posteriormente, por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. O objetivo principal de tratar deste conteúdo é levar os alunos a compreenderem o que significa “salto quântico” e “transformações energéticas”, necessários para a aprendizagem do fenômeno luminescência, e sua diferenciação em fluorescência e fosforescência.

A aula teve início com uma recapitulação daquilo que foi discutido no encontro anterior abordando, principalmente, o espectro eletromagnético e suas regiões. Os próprios alunos identificaram que a lâmpada de luz UV emite ondas em um comprimento menor que o comprimento de luz visível (menor que 400nm, aproximadamente). Foi discutido, também, que existem três tipos de luz ultravioleta, denominadas UV-A, UV-B e UV-C. A radiação UV-C é totalmente absorvida pelo oxigênio e ozônio da atmosfera e

utilizada para assepsia de alguns ambientes, é chamada de germicida, também. A radiação intermediária UV-B é parcialmente absorvida na atmosfera e a porcentagem que não é filtrada é a responsável pelos danos à pele, em maior quantidade. As ondas de UV-A, por sua vez, são as que possuem os maiores comprimentos e são emitidas pelas lâmpadas de luz negra.

Segue trecho transcrito dos conteúdos abordados que serão analisados de acordo com a teoria:

- () Professor: Qual o conceito principal que aprendemos?
- () Aluno R: A luz, onda viajante.
- () Professor: Precisa de meio para se locomover?
- () Aluno D: Não, pode ser no vácuo.
- () Professor: Isso. E essas ondas? São todas iguais?
- () Aluno T: Não. Tem vários tamanhos.
- () Professor: E enxergamos todas?
- () Aluno T: Não, né?! Só as que são visíveis...
- () Professor: E quais são as visíveis?
- () Aluno R: As que estão entre 400 e 700 bilionésimos de metro.
- () Professor: Exatamente. Nós enxergamos apenas essa região, também chamada de luz branca. Por que a radiação UV-A é a menos prejudicial?
- () Aluno G: Uai, a gente quase enxerga ela, não é?
- () Professor: Sim, ela é a mais próxima da região visível.
- () Aluno G: Então... Então é por isso. Ela tá ali do lado... Não vai fazer muito mal. A UV-C é a mais perigosa porque é a mais longe.
- () Professor: É basicamente isso. Vamos olhar agora através do comprimento de onda e da energia. Lembra de ontem... Do que nós vimos?
- () Aluno A: É inverso, né, professor?
- () Professor: Isso... Então olha só... Qual tipo entre os UV tem menor comprimento de onda?
- () Aluno D: UV-C, mais longe.
- () Professor: Anra. Então ela é a mais ou menos energética?
- () Aluno D: A mais.
- () Aluno R: Ah! Então faz mais mal. A UV-A...
- () Professor: A UV-A tem maior comprimento, portanto...
- () Alunos: Maior energia, energia maior!
- () Professor: Agora faremos uma pausa para que vocês respondam a um questionário.

Através do trecho transcrito, é possível perceber que os alunos conseguiram relacionar, sem auxílio do professor, a relação inversa entre comprimento de onda e energia. Afirmaram que a radiação UV-C é prejudicial porque é mais energética, e o professor, afirmou que por ser completamente filtrada pela camada de ozônio, não é necessário que os protetores solares tenham fator de proteção contra os raios UV-C, e sim somente contra UV-A e UV-B.

- () Professor: Quais teorias atômicas vocês conhecem?
- () Aluno G: Bohr.
- () Aluno R: Dalton.
- () Aluno T: Thamsom.
- () Aluno D: Rutherford.
- () Aluno R: Leucipo e Demócrito.
- () Professor: Olha! O Rafael foi lá nos filósofos antigos. Leucipo e Demócrito. Naquela época o domínio do poder era de quem?
- () Aluno G: Igreja. E é até hoje, hein?!
- () Professor: A igreja era contra o pensamento que tirasse a religião do foco, como o antropocentrismo, certo? Então a igreja reprimia essas tentativas de explicações.
- () Aluno R: Eles falavam que a matéria era indivisível, de um componente que era igual, né?!
- () Professor: Isso... Afirmavam que a matéria era composta de partículas indivisíveis de natureza idêntica. Vamos saltar pra mil oitocentos e pouco, agora... Dalton propõe algumas características para o átomo como: o átomo é...
- () Aluno G: É uma esfera, maciça, de elétrons, indivisível.
- () Professor: Hum... Uma esfera de elétrons?
- () Aluno G: Tinha elétrons nela...
- () Aluno R: Não... Ainda não...
- () Professor: Por que não?
- () Aluno R: Uai...
- () Professor: O átomo seria indivisível, certo? Se ele é indivisível...
- () Aluno G: Ah, é... Confundi. Se é indivisível, não divide em elétrons. Era uma massa só, né?
- () Professor: Exatamente. Pouco tempo depois Dalton compara o seu modelo a alguma coisa, lembram?
- () Aluno L: Bola de bilhar?
- () Professor: Bola de bilhar. Vamos pensar em uma outra comparação para fazer com o átomo de Dalton? Uma coisa um pouco mais brasileira e mais conhecida? Que também seja esférico, maciço e indivisível?
- () Aluno J: Hum... Bolinha de vidro?
- () Aluno G: Bolinha de gude!
- () Professor: Isso! Exatamente! Apresenta as mesmas características. Esférica, maciça, indivisível. Semelhante a essas imagens (mostra imagens que estão listadas abaixo).

Considerarei de suma importância fazer essa última comparação, tendo em vista que a bolinha de gude é conhecida pela maioria dos alunos, senão por todos. As aulas pautam-se pela abordagem histórico-cultural, daí a necessidade de se considerar o meio social dos sujeitos. A bola de bilhar não faz parte do contexto da maioria dos alunos, diferentemente da bolinha de gude.

Através do trecho transcrito acima, percebe-se que os alunos sabiam alguma coisa sobre o assunto mas, a princípio, os conceitos não estavam organizados, o que permite afirmar que a aprendizagem dos mesmos não foi efetiva. O objetivo desta aula foi a

organização de tais conceitos para uma abordagem histórica até chegar ao modelo de Bohr, que explicará o fenômeno da luminescência a partir do salto quântico entre os níveis energéticos. A aula se segue abordando outros modelos atômicos como os de Thomson e Rutherford.

Durante a discussão sobre o modelo de Thomson, foi discutido qual a principal contribuição que ele trazia em comparação com o modelo anterior (Dalton). Os alunos indicaram que a principal diferença, que contribuiu para o avanço da ciência, foi a descoberta de partículas menores e carregadas que formam o átomo. Expliquei para os alunos o experimento de Thomson sobre as descargas elétricas nas ampolas de Crookes e os raios catódicos, possibilitando avançar na construção histórica dos modelos atômicos, que se segue. No fim do século XIX, Thomson compara o modelo atômico proposto a um pudim de passas, em que o átomo é um fluido positivo e apresenta partículas negativamente carregadas – elétrons – incrustadas em seu interior. A partir das falas transcritas cima e da análise do relato final, apresentada nas próximas sessões, é possível perceber sistematização histórica das informações apreendidas, como as limitações dos modelos, por exemplo.

O próximo modelo atômico estudado foi o proposto por Rutherford no início do século XX (1911). Em discussão, foi levantado que a principal contribuição e que permitiu avanços posteriores foi a de que o átomo possui um grande espaço vazio. O conteúdo foi iniciado pela explicação do experimento de Rutherford. Foi possível identificar que grande parte dos alunos conhecia alguma informação relacionada a esse experimento. Durante o questionamento “Vocês sabem qual foi o experimento de Rutherford? Lembram de alguma coisa sobre isso?”, apareceram as seguintes respostas: “é o que atirou na lâmina”, “bombardeamento com radiação”, “os coisinha atravessava”, “ricocheteava”. Através da análise das respostas apresentadas na frase anterior é possível identificar que o conhecimento sobre o modelo atômico proposto por Rutherford encontra-se na Zona de Desenvolvimento Potencial, mas está difusa. A frase “é o que atirou na lâmina”, refere-se a projeção de partículas alfa sobre uma lâmina de ouro. A resposta “bombardeamento com radiação” quer dizer que Rutherford utilizou polônio radioativo para bombardear a lâmina de ouro com partículas alfa. A frase “os coisinha atravessava” refere-se às partículas que atravessaram a lâmina de ouro, iluminando o filme de sulfeto de zinco que revestia a lâmina de ouro. Por fim, a palavra “ricochetear”, citada apenas por um único aluno, refere-se à minoria das partículas alfa que não atravessaram a lâmina de ouro.

Após explicação de que o filme de sulfeto de zinco emitia brilho a cada impacto que recebia pelas partículas alfa que atravessaram a lâmina de ouro, passamos a interpretar a conclusão do experimento, de acordo com o trecho transcrito abaixo:

() Professor: Rutherford, então, bombardeou a lâmina de ouro com partículas alfa. Nós vimos que essas partículas alfa não possuem massa, lembram? Qual é mesmo o símbolo de ouro?

() Aluno T: A-u, né?!

() Professor: Sim. E por que é mesmo que é a-u?

() Aluno R: Porque vem do latim.

() Professor: Exato. Mas então... A maioria das partículas atravessaram a lâmina de ouro e isso foi identificado através do quê mesmo?

() Aluno G: Porque o filme de zinco lá brilhou.

() Professor: Isso... Mas algumas poucas partículas não atravessaram. Isso significa que a lâmina de ouro...

() Aluno T: Que era furada, professor?!

() Professor: Mais ou menos isso. Indica que a matéria não é contínua. Ela possui espaços, certo?

() Alunos: Sim.

() Professor: Então é isso. As partículas que não esbarraram nos átomos conseguiram atravessar. As que deram uma esbarrada de leve, sofreram um desvio na trajetória, e as que bateram em cheio, colidindo com o átomo, voltaram... Certo? As que voltaram é o que o aluno R disse que ricochetearam. Bem... Então será que esse espaço vazio por onde as partículas atravessaram não são átomos? São um vazio mesmo?

() Alunos: [cochichos nos grupos]

() Professor: E aí?

() Aluno K: Professor [levanta o dedo]! Eu acho que... Não tem aquela parte de eletrosfera?

() Aluno R: Ah, é! É isso mesmo!

() Professor: E o que é eletrosfera?

() Alunos: (Silêncio)

() Professor: Vamos, gente! Eletrosfera lembra o que? Eletros...?

() Alunos: Elétrons!

O trecho acima indica ampliação da Zona de Desenvolvimento Potencial dos alunos através da pergunta da aluna K sobre “eletrosfera”. A mediação do professor realizada durante a explicação do desvio das partículas foi suficiente para identificar a passagem do conhecimento que, antes, localizava-se na ZDP e, agora, passa a compor no NDR. A aluna K exerce papel de par mais capaz neste momento, contribuindo para sistematização das informações para os outros alunos, em direção que foi do interpessoal para o intrapessoal. A aluna K conseguiu relacionar que os “espaços vazios” são advindos a partir da eletrosfera, como um grande espaço vazio que contém os elétrons. O movimento de relacionar as informações com o sentido de causa e consequência revela

indício de aprendizagem. A fala que revela que a aluna K ampliou o NDR pode servir como impulso para ampliação dos níveis de outros alunos e consequente aprendizagem. A continuidade do questionamento do professor, dirigido aos alunos, tem a intenção de aprofundar o ensino sobre as regiões do átomo, objetivando a aprendizagem de que a eletrosfera é uma região com massa desprezível e volume dez mil vezes maior que o núcleo que, por sua vez, é uma região pequena e densa. A diferença de massa das duas partes é devida a composição das regiões: a eletrosfera comporta elétrons de massa aproximadamente igual a $9,11 \times 10^{-22}$ μg , enquanto que o núcleo contém prótons e nêutrons. A massa do próton é igual a $1,67 \times 10^{-18}$ μg , aproximadamente.

A leitura do material didático indicado para a aula continha informações mais explicativas e foram lidas em conjunto (o material encontra-se na sessão “apêndices”). O material apresentava a definição de “núcleo e eletrosfera”, como regiões de um átomo e “camadas eletrônicas”, como regiões da eletrosfera com diferentes valores energéticos, a partir da distância do núcleo. A discussão apresentada no material foi elaborada com a intenção de identificar a contribuição do modelo de Rutherford, para se chegar ao modelo de Bohr, que explica a luminescência. Apresentei a analogia do átomo de Rutherford ao modelo planetário, em que cada planeta descreve uma órbita diferente ao redor Sol, bem como os elétrons que ocupam a mesma camada descrevem órbitas elípticas ao redor do núcleo do átomo. De acordo com Harrison e De Jong (2005), uma analogia é composta de um objeto (elemento desconhecido), um análogo (elemento conhecido) e uma relação que se estabelece entre ambos. Sendo assim, a analogia apresentada está descrita abaixo:

Tabela 5 – Elementos da analogia explicada a partir do modelo atômico proposto por Rutherford.

Análogo	Objeto
Planetas	Elétrons
Órbitas	Camadas eletrônicas
Sol	Núcleo

Fonte: Do autor.

A limitação desta analogia refere-se aos elétrons que ocupam a mesma camada, pois este grupo descreve a mesma órbita, enquanto cada planeta percorre uma órbita diferente ao redor do Sol. O próximo passo seria o ensino do modelo atômico proposto por Bohr.

Discuti com os alunos, também, o *motivo* da incompletude do modelo atômico proposto por Rutherford, que foi a *necessidade* de descrever detalhadamente o

movimento dos elétrons ao redor do núcleo. O modelo não explicava o fato de os elétrons não serem atraídos pelo núcleo até caírem e se colidirem com o mesmo. Bohr dedica-se a esse estudo concluindo a quantização da energia. Bohr afirma que a energia entre os níveis está quantizada, ou seja, não é contínua, ela é “empacotada” em determinadas quantidades. Cada camada ao redor do núcleo possui uma energia característica devido à distância que se localiza do núcleo. Entende-se por camada cada subdivisão da eletrosfera. Apresento trecho transcrito da referida aula:

- () Professor: Os elétrons estão em determinadas camadas, certo? A cada camada de origem, chamamos de estado fundamental. Cada elétron tem uma quantidade de energia. E se ele receber um pouco de energia? O que acontece?
- () Aluno G: Uai... E aí?
- () Professor: Pensem um pouco. O elétron está na sua camada de origem, que é o estado fundamental. Se ele receber mais energia ele vai pra onde?
- () Aluno T: Ele vai mudar de camada, né?
- () Aluno A: É... Vai pra uma que tem mais energia.
- () Professor: Isso pra qualquer valor que ele receber?
- () Aluno R: Não... Tem aquele negócio de quantizada, né?
- () Aluno D: É, uai. Igual aquele negócio de ovo que o senhor falou... A gente não pode comprar um ovo e meio. Ou é um ou é dois (risos da sala toda).
- () Professor: Isso (risos, também). Mas e então? Quero uma resposta completa.
- () Aluno L: Assim... Se ele receber uma quantidade de energia suficiente pra ele ir para a próxima camada, ele muda. Se não, ele vai continuar aí mesmo.
- () Professor: Aí onde?
- () Aluno J: Na que ele está mesmo. Na fundamental.
- () Professor: Exato! E qual o nome da outra camada?
- () Aluno D: Não fundamental?
- () Professor: É. Ela não é a fundamental, mas é chamado de estado excitado. E essa nova camada é mais interna ou mais externa?
- () Aluno T: Acho que é mais pra fora, professor.
- () Aluno I: Mais pra fora.
- () Professor: Então é mais longe do núcleo? É isso?
- () Aluno L: É. Eu acho que a fundamental é mais perto do núcleo e a excitada é mais longe. É exterior.
- () Professor: Externa?
- () Aluno L: Isso! Externa.
- () Professor: Então qual tem mais energia?
- () Aluno R: A fundamental tem menos. A excitada, mais externa, tem mais.
- () Professor: Por que?
- () Aluno G: Você mesmo falou, professor.
- () Aluno D: Dá pra imaginar...
- () Aluno R: É que dá pra entender, professor. Se ele vai ganhar energia pra mudar de camada, significa que a nova camada tem mais energia.
- () Professor: Exatamente. Mas não podemos esquecer que ele só muda de camada se...?
- () Aluno J: Se a energia for suficiente.
- () Aluno L: Se der, né.

- () Professor: Ok. Entenderam?
- () Alunos: Sim.

O trecho acima apresenta a discussão realizada para ensinar a quantização da energia, que explica a luminescência. Atente para o fato de que esta discussão é o movimento que representa a principal ferramenta teórica capaz de auxiliar os alunos a entenderem o fenômeno da “luminescência”, de forma que este conteúdo faça parte do Nível de Desenvolvimento Real. A próxima aula é a atividade experimental de caráter investigativo, em que os alunos serão questionados sobre os *motivos* da diferença entre fluorescência e fosforescência e deverão manipular alguns materiais sob a lâmpada de luz negra para observarem a luminescência. A sistematização dos elementos constituintes dessa atividade está descrita a seguir, ao fim da análise da segunda aula.

O próximo trecho transcrito relata o movimento realizado pelo professor e pelos alunos para ensinar o conceito de que o estado fundamental é dependente da camada de origem do elétron, de modo que o estado fundamental para elétrons que ocupam camadas diferentes, também é diferente. Assim:

- () Professor: Mas será que todos os elétrons estão na mesma camada fundamental?
- () Aluno J: Como assim?
- () Professor: Por exemplo... Imaginem um átomo que possui três camadas energéticas. Vou chamar as camadas de X, Y e Z. A camada X é a mais próxima ao núcleo, a Y é a intermediária e a camada Z é a mais externa. Tudo bem?
- () Aluno Alunos: Sim.
- () Professor: Os elétrons da camada X possuem determinada energia. Que é diferente da energia da camada Y, que também é diferente da energia dos elétrons da camada Z. Certo?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Quais elétrons possuem maior energia?
- () Aluno R: Os da camada X.
- () Aluno D: De X. Mais perto do núcleo.
- () Alunos: Da primeira.
- () Professor: Isso. Portanto os elétrons da camada Z são os que tem mais energia, né?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Qual a camada fundamental dos elétrons da camada X?
- () Aluno R: X.
- () Professor: Qual a camada fundamental dos elétrons da camada Y?
- () Aluno D: Y.
- () Professor: Qual a camada fundamental dos elétrons da camada Z?
- () Alunos: Z.
- () Professor: Atenção! Olha aqui agora... E se os elétrons de X receberem energia? Eles vão mudar de camada, né? Vão pra um estado excitado. Pra qual camada eles vão?
- () Aluno G: Pra Y.
- () Aluno A: Y, uai.
- () Professor: Sempre?

- () Aluno R: Ah, acho que não...
- () Professor: Por que?
- () Aluno K: Depende do tanto de energia, né, professor?
- () Aluno T: É. Depende.
- () Aluno D: É quantizado, empacotado.
- () Professor: Como assim? Expliquem melhor.
- () Aluno L: Se ele tiver energia suficiente pra ir pra Z, ele vai lá pra última.
- () Aluno J: É... Mas se não der, ele vai só pra Y.
- () Aluno D: E se não der ele fica na X *memo* (risadas).
- () Professor: Vocês disseram que a energia em Z é maior. E está certo. À medida que as camadas se afastam do núcleo, a diferença de energia entre elas também diminui.
- () Aluno T: Ih... Não entendi nada agora.
- () Professor: Assim... Quanto mais longe as camadas estão do núcleo, quanto mais externas, a diferença de energia entre uma camada e outra, diminui...
- () Aluno T: Hum (parece que ainda não entendeu completamente).
- () Professor: Talvez esteja um pouco confuso. Vou dar um exemplo. Nós estamos falando de três camadas, né? X, Y e Z. Qual é a camada mais perto do núcleo mesmo?
- () Aluno R: X.
- () Professor: X. Então a diferença de energia entre X e Y é maior que a diferença de energia entre...?
- () Aluno T: Entre Y e Z. Ah, entendi!
- () Professor: Entenderam? X está mais próxima do núcleo que Z, portanto a diferença de energia, assim... Y menos X é um valor maior que o valor que dá de Z menos Y. Certo? Porque Z é mais externa. A diferença de energia entre elas diminui.

O diálogo transcrito revela que os alunos assumiram a atividade proposta como atividade de aprendizagem. Isso é notável tendo em vista que o diálogo transcrito acima, está dividido em três partes: a primeira, é o movimento de recapitulação do ensino de níveis energéticos exemplificando com X, Y e Z; a segunda, é o questionamento do professor a partir das transições energéticas dos níveis hipotéticos X, Y e Z; a terceira, é a discussão e o questionamento para confirmar se os alunos entenderam que a diferença entre os níveis energéticos diminui à medida que estão mais externos. De acordo com Moura (2010), pode-se afirmar que houve atividade de aprendizagem haja vista que houve busca por apropriação de conceitos, os alunos mobilizam-se para apreender determinados conteúdos que são explícitos, e representam apropriação de cultura motivada por apropriação de conhecimento historicamente acumulado. Neste caso, eles deveriam aprender o que significa “salto quântico”. Este diálogo explica o caminho de “ida” do elétron. O elétron sai do estado fundamental e vai para o estado excitado, mas existe, também, o caminho de volta, o retorno, que será explicado logo abaixo.

Ao analisar atentamente os trechos transcritos acima, percebe-se o grande nível de interação entre os alunos que ocorreu durante as respostas que eram rebatidas por outro questionamento. Os alunos R e D exerceram o papel de par mais capaz durante o episódio

relatado acima. Veja as frases “Ah, acho que não!” e “É quantizado, empacotado.”, ditas pelos alunos, respectivamente, demonstram que o aluno R entende que os saltos são dependentes da quantidade de energia absorvida, e o aluno D mostra que o elétron só irá para o estado excitado se a energia absorvida for suficiente para a transição eletrônica; se a energia a ser absorvida não for suficiente para a transição eletrônica, o elétron permanece no estado fundamental. Outra característica passível de atenção é a incorporação de novas palavras e expressões ao vocabulário linguístico, pois de acordo com Vigotski (2005), a incorporação de linguagem científica utilizada em contextos corretos, demonstra aprendizagem.

Para encerrar a análise da segunda aula, apresento a sistematização dos elementos constituintes da teoria da atividade, de acordo com Leontiev (1978).

Análise da atividade na aula 2.

Tabela 6: Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem na aula 2.

Necessidade	Condições Internas
Aprenderem os modelos atômicos e sua evolução histórica a partir das limitações existentes em cada um; conhecimentos requisitos para o levantamento de hipóteses e proposição dos procedimentos a serem realizados na aula que continha a atividade experimental investigativa.	Motivação em participar de uma atividade extraclasse.
Motivo	Objeto
Compreender os modelos atômicos considerando sua evolução histórica.	Átomo.
Ações	Objetivos
Leitura do material fornecido, discutir com os pares, representar os modelos atômicos corretamente.	Aprender quimicamente os conceitos “camadas energéticas”, “níveis quantizados”, “salto quântico”, “estado fundamental” e “estado excitado”.
Operações	Condições Operacionais
Recorrer a conceitos existentes no Nível de Desenvolvimento Real (por senso comum ou não) e externá-las a partir de questionamento com o professor.	Material didático fornecido, discussão realizada, representação dos modelos atômicos em projeção e discussão.

Fonte: Do autor.

8.3.3 Aula 3

A terceira aula tem como principal *objetivo* ensinar os conteúdos de fluorescência e fosforescência, diferenciando-os, de modo que os alunos entendam quando ocorre cada um deles e as diferentes *necessidade* sociais para utilização do fenômeno, abordando a contextualização social. A partir dos fenômenos apresentados pretendia ensinar os conceitos químicos “estado fundamental”, “estado de excitação”, “salto quântico”, “relaxamento” e “emissão de fótons”.

O encontro tem início com uma rápida retomada dos conteúdos da aula anterior, que foram os modelos atômicos propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, respectivamente. Pode-se dizer que a aprendizagem seria satisfatória se os alunos compreendessem a evolução dos modelos impulsionada pelas explicações que se tornaram insuficientes diante de fatos que foram observados pelos estudiosos, tais como os raios catódicos nas ampolas de Crookes ou ainda a inquietação da pergunta “por que os elétrons não caem e se chocam contra o núcleo?”. De acordo com a abordagem escolhida para nortear o trabalho, somada à Atividade Orientadora de Ensino (MOURA et al, 2010; ESPIMPOLO et al, 2012), a situação desencadeadora da aprendizagem deve revelar o que levou a humanidade à criação de determinado conceito, contemplando a gênese do mesmo, apontando o movimento lógico-histórico percorrido para a elaboração de novas soluções, o que o autor denomina de história virtual do conceito.

Em suma, as informações básicas necessárias para compreender o modelo atômico proposto por Bohr são:

- a) Dalton propõe que o átomo é uma esfera maciça e indivisível;
- b) Thomson ao manipular ampolas de Crookes percebe que os raios catódicos sofriam desvios, o que significou que o átomo era eletronicamente carregado, portanto, propõe a divisão em partículas carregadas, afirmando que o átomo é um fluido positivo incrustado por partículas negativas;
- c) Rutherford ao bombardear uma lâmina de ouro revestida por um filme de ZnS observa que algumas partículas ricocheteavam enquanto a maioria atravessou a lâmina de ouro, conclui, portanto, que o átomo possui uma grande região vazia – chamada de eletrosfera, contendo os elétrons – e uma pequena região maciça – denominada núcleo, contendo prótons. Rutherford compara o movimento dos elétrons ao redor do núcleo com o movimento dos planetas ao redor do Sol, um

movimento orbital. A partir disso, afirma que a eletrosfera está dividida em camadas;

- d) Bohr, ao tentar explicar melhor o movimento ininterrupto dos elétrons ao redor do núcleo e o motivo pelo qual os mesmos não são atraídos pelo núcleo chocando-se com ele, propõe a explicação de “níveis energéticos”, afirmando que a eletrosfera está dividida em níveis energéticos. Quanto mais distante for a “camada”, maior a quantidade de energia, portanto à medida que se afasta do núcleo, a diferença energética entre as camadas diminui, sendo mais intensa na região próxima ao núcleo. Sendo assim, Bohr unindo seus conhecimentos à explicação apresentada por Rutherford, sugere que os níveis ou camadas energéticas estão quantizados, ou seja, a energia não é contínua, de modo que os elétrons podem sair de sua camada de origem ou estado fundamental e atingirem camadas mais externas e, portanto, mais energéticas, chamadas de estado excitado, quando absorvem energia suficiente para fazê-lo.

A terceira aula pretende continuar o ensino de luminescência a fim de que os alunos compreendam que essa transição eletrônica não é favorável, logo, os elétrons que estão no estado excitado irão retornar às camadas de origem – estado fundamental – e durante esse retorno, a energia é dissipada na forma de luz visível (emissão de fótons), caracterizando o fenômeno em questão. O tempo de retorno dos elétrons determinará se ocorre a fluorescência ou a fosforescência.

O diálogo transcrito a seguir relata parte do movimento feito para o ensino dos conteúdos citados anteriormente, que servirão como guias para a execução da atividade experimental investigativa, que ocorreu na quarta aula. Assim:

- () Professor: ...então qual foi o primeiro modelo atômico proposto?
- () Alunos: Dalton.
- () Professor: E como ele explicava o átomo?
- () Aluno D: Bola de bilhar.
- () Professor: Sim, mas quais as características?
- () Aluno G: Esférico, sem carga, neutro, indivisível.
- () Professor: Exatamente. E depois?
- () Aluno R: Thomson... (...) É dividido em cargas. É positivo, mas as partizinhas são negativas.
- () Professor: E o próximo experimento?
- () Aluno T: Rutherford.
- () Aluno J: Aquele lá da lâmina de ouro.
- () Professor: Qual a principal contribuição desse modelo?
- () Aluno L: O modelo planetário, né, professor? Espaço vazio.

- () Professor: O que mais?
- () Aluno R: As diferentes camadas, né?
- () Professor: Sim. E houve uma curiosidade pra se explicar melhor o movimento dos elétrons, certo?
- () Aluno G: É! E também porque eles não caiam e não explodiam com o núcleo, né, professor?
- () Professor: Isso. Era necessário entender como os elétrons se comportam ao redor do núcleo. E então ele explicou que a eletrosfera está dividida em?
- () Aluno R: Níveis energéticos quantizados.
- () Aluno D: Empacotados. Só muda se tiver o tanto suficiente, né?
- Professor: O tanto? O tanto de que?
- () Aluno D: (risos) De energia. Vai mudar lá pra camada que tiver o tanto de energia suficiente. Se der pra pular uma, pula uma, se der pra pular três, pula três.
- () Professor: Exatamente.

Este diálogo mostra que os alunos entenderam a evolução histórica conceitual dos modelos atômicos e, de acordo com a Atividade Orientadora de Ensino (MOURA, 2010), os alunos foram despertados pela necessidade de apropriação de cultura, entrando em atividade de aprendizagem. O movimento de questionamento do professor para os alunos em relação a reconstrução dos modelos atômicos, mostra que os alunos conseguiram identificar qual a limitação de cada modelo, por exemplo, através da fala do aluno G: “E também porque eles não caiam e não explodiam com o núcleo, né, professor?”, percebemos uma necessidade para a proposta de um novo modelo atômico pois o atual (Rutherford) não dava conta de explicar o movimento dos elétrons ao redor do núcleo. É, então, que Bohr apresenta um novo modelo atômico que dá conta das limitações do anterior. Considerei que os modelos atômicos discutidos com os alunos passaram a fazer parte do nível de desenvolvimento real tendo em vista as respostas que eles deram às perguntas, tais como: “espaço vazio”, “diferentes camadas”, “níveis energéticos quantizados”; e, posteriormente, isso será mostrado a partir dos questionários respondidos por eles. A ampliação da região correspondente ao NDR representa, simultaneamente, ampliação da ZDP. E é nessa região que ocorre a mediação na terceira aula, para a aprendizagem do retorno dos elétrons e emissão da energia em forma de luz.

- () Professor: Gente, como é mesmo a energia na eletrosfera? Ela diminui ou aumenta quando afasta-se do núcleo?
- () Aluno K: Diminui.
- () Aluno A: Aumenta.
- () Aluno R: Não. A energia aumenta. É a diferença de energia entre os níveis que diminui quando afasta do núcleo.
- () Professor: Exatamente isso.

Neste momento, o aluno R exerce a função de par mais capaz para facilitar a apreensão do conceito de “níveis energéticos” pelos outros alunos e, principalmente, para a aluna K, que ainda não tinha incorporado o conceito, ou porque a aluna não entendeu a pergunta corretamente ou por falha no processo de aprendizagem. Continua:

- () Professor: Lembram das camadas X, Y e Z, que discutimos na aula passada? X é a mais próxima do núcleo, Y é a intermediária e Z é a mais externa. A energia é maior em qual?
- () Alunos: (resposta rápida) Z.
- () Professor: Ok. Prestem atenção. Um elétron sai da camada X, ou seja, se estado fundamental é X. Ele absorve energia e salta de camada. Agora a energia dele é maior ou menor?
- () Alunos: (resposta rápida) Maior.
- () Professor: Maior. Ele não está mais no estado fundamental, né? Qual é o nome do novo estado?
- () Aluno B: Estado de exci... Excitação.
- () Aluno R: Estado excitado.
- () Professor: Ok. Esse estado é favorável ou desfavorável? Assim... O elétron vai continuar lá ou não?

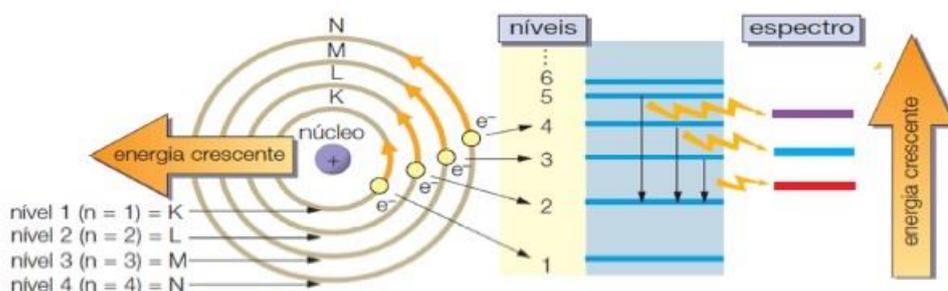
Os alunos apresentaram dificuldades para responder a essa pergunta, então utilizei o exemplo do celular: “quando tiramos o celular do carregador, quando ele acaba de ser carregado, o que acontece?”. Os alunos respondem que a bateria acaba. E é a partir dessa discussão que explico que a “bateria acaba” porque a tendência é atingir níveis energéticos menores e, da mesma maneira, o elétron que foi para o estado excitado e mais energético, irá retornar para o estado fundamental, buscando diminuir a energia. Respondo outras dúvidas dos alunos e quando não existem mais, passo a outra explicação, a da transformação energética em luz.

- () Professor: Vejam só. Vocês já entenderam então que o estado excitado não é favorável energeticamente, né?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Então... Se não é favorável, se ele não tende ficar lá, o que vai acontecer com esse elétron?
- () Aluno C: Vai voltar, professor?
- () Professor: O que vocês acham?
- () Alunos: É...
- () Professor: Sim. Ele vai voltar. Ele vai voltar pra um nível de menor ou maior energia?
- () Aluno D: Pro de ori... Origem, né? Pro funda... Fundamental? O que já era dele.
- () Professor: Exatamente. Mas... E lá? Lá a energia é maior ou menor?
- () Aluno L: Menor.
- () Professor: Menor. Ele pode voltar pra lá com a energia que ele tem agora?
- () Aluno R: Não. Não dá. Lá é menos.

- () Professor: Sim... A energia do nível de origem, fundamental, é menor. Então o que vai acontecer?
- () Aluno T: Uai... Devolver?
- () Professor: Como assim?
- () Aluno T: Uai, ele vai ter que devolver essa energia.
- () Aluno G: Vai perder, né, professor?
- () Aluno R: Vai dissipar.
- () Professor: E como ele perde essa energia?

Devemos voltar atenção especial para este momento, pois é aqui o ponto crucial do minicurso. A mediação ocorrida é a transposição didática necessária para os alunos entenderem e aprenderem o fenômeno da luminescência observado desde o primeiro encontro. Os elétrons absorvem a radiação emitida pela lâmpada de luz negra em uma região invisível ao olho humano no espectro eletromagnético, menor que 400nm, na região ultravioleta, e emitem ondas luminosas em um comprimento de onda visível, que vai de 400 a 700nm. Ocorre uma relaxação do estado excitado, e quando os elétrons retornam para o estado fundamental de menor energia, ocorre liberação de luz. A transição eletrônica e posterior relaxação está representada pela figura abaixo, assim como a variação de energia do núcleo para os níveis mais externos.

Figura 14 – Representação da transição eletrônica em um átomo genérico



Fonte: USBERCO, J., SALVADOR, E. **Química - volume único.** Ed. Saraiva, 5ª edição, São Paulo, 2002.

Observe o trecho transcrito abaixo:

- () Aluno R: Devolve pro ambiente?
- () Professor: Como assim, devolve? O que acontece quando a gente esquentar água e depois deixa ela em cima da pia, dentro de uma caneca?
- () Aluno D: Esfria, professor.
- () Professor: O que aconteceu com a energia?
- () Aluno J: A temperatura diminuiu.
- () Professor: Sim. A temperatura diminuiu. Mas e a energia? Pra onde foi?
- () Aluno R: Ah! Já sei. Lembrei. Ela foi pro ambiente, mas em forma de calor.
- () Professor: Isso. O calor é um tipo de energia, que é medido através da temperatura, certo?

- () Alunos: Sim.
- () Professor: Então! E no nosso caso? O que acontece com os elétrons que retornam para o estado fundamental? Eles não vão devolver em forma de calor, né? Como vai ser?
- () Aluno K: De luz, professor?
- () Aluno R: Ah! É lógico! Os elétrons vão retornar e emitir luz! É isso que a gente tá vendo aqui, gente! Que massa! Que louco!
- () Professor: Exatamente isso. A energia que os elétrons absorvem para saltar de nível energético é emitida na forma de luz. Agora uma coisa importantíssima! Atenção (chama atenção com as mãos)! Qual a energia que os elétrons absorvem?
- () Aluno D: Da lâmpada.
- () Professor: Como da lâmpada? Qual? Que tipo?
- () Aluno T: Essa aqui (aponta para a lâmpada de luz negra).
- () Professor: E qual é essa luz?
- () Aluno G: Luz ultravioleta, né? Absorve energia da luz ultravioleta.
- () Professor: Isso! Isso mesmo! E ela é mais energética ou menos do que a luz visível?
- () Alunos: (demoram um tempo pra responder).
- () Aluno R: O comprimento de onda é menor, porque vem antes no espectro, então... Então tem mais energia.
- () Aluno G: É. Tem mais. É inverso. Menor comprimento, maior energia.
- () Professor: Ok. Isso. Absorve energia da luz ultravioleta, então, e salta de nível. Ok? O estado excitado não é estável e nem favorável porque tem mais energia que o de origem, que o fundamental. Então após um tempo eles (os elétrons) vão voltar. Quando voltam, devolvem a energia na forma de luz. Essa luz que eles liberam é na região?
- () Aluno L: De 400 a 700.
- () Aluno R: Bilionésimos de metro.
- () Professor: Ok. Região visível, então?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Por isso, então, que mesmo nesse escuro aparente, enxergamos os jalecos, folhas, caixas organizadoras, dentes e outras coisas brilharem. Parece que eles emitem luz própria, né?!
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Então. Mas essa luz, esse brilho que enxergamos, nada mais é que a devolução da energia absorvida da luz ultravioleta que vem das lâmpadas de luz negra. Isso é a luminescência.
- () Alunos: Que massa, da hora, que legal, gente!

Esse último diálogo, transcrito acima, mostra a mediação exercida pelo professor para o ensino do conceito luminescência, através da temática escolhida: “festas noturnas”. As lâmpadas de luz negra utilizadas em ambientes deste formato são a fonte de energia para os elétrons absorverem energia e saltarem do estado fundamental para o estado excitado, que não é favorável termodinamicamente se comparado ao estado fundamental. Quando os elétrons retornam para o estado fundamental ocorre relaxação seguida de liberação da energia absorvida, mas desta vez, na forma de luz visível, de 400 a 700nm, aproximadamente (NERY; FERNANDEZ, 2004; ALMEIDA, 2001; ALMEIDA; SANTOS, 2001; COSTA; SILVA, 1995).

Para finalizar a terceira aula, analiso as discussões ocorridas para a diferenciação dos termos “fluorescência” e “fosforescência”, que são os fenômenos comumente ocorridos a partir da luminescência. De acordo com Nery e Fernandez (2004), luminescência “é definida como a emissão de luz na faixa do visível (400-700nm) do espectro eletromagnético como resultado de uma transição eletrônica” (p. 39). Para os referidos autores a principal diferença entre os dois conceitos é o tempo de emissão de luz, ou seja, o tempo gasto para os elétrons retornarem do estado excitado em que se encontram para o estado fundamental, de onde realizaram o salto quântico. Observe:

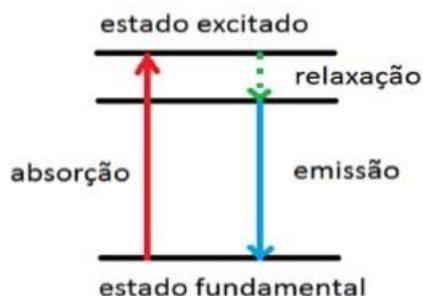
- () Professor: Gente, então agora que vocês já entenderam o que é a luminescência, quimicamente falando, nós temos que aprender a diferença entre seus tipos. Quando vocês responderam ao questionário vocês viram lá duas palavrinhas que são muito utilizadas pelas pessoas. Quais são?
- () Aluno B: Fluorescência e...
- () Aluno J: Fosforescência.
- () Alunos: Fluorescência e fosforescência.
- () Professor: Isso mesmo. E quais materiais apresentam essas características? O que significa dizer que os materiais são fluorescentes ou fosforescentes? Será que é a mesma coisa?
- () Aluno B: Professor, tem aqueles lápis, lá da Faber Castell, sabe? Aquilo é fluorescente, né?
- () Aluno R: Não. Aquilo lá é neon.
- () Aluno T: É neon mesmo, aluna B. Fluorescente é que brilha no escuro.
- () Professor: E fosforescente? O que é?
- () Alunos: Uai...
- () Aluno C: Brilha no escuro também.
- () Professor: Será que é a mesma coisa então?
- () Alunos: (silêncio) Não sei...
- () Professor: Será que se fosse a mesma coisa eles teriam o mesmo nome?
- () Alunos: (risadas) Não. Der (mais risadas)!
- () Professor: Qual a diferença, então? Vamos observar uma coisa. Olha só. Eu vou apagar a luz do laboratório de novo e deixar aceso só as lâmpadas de luz negra, beleza? Vocês vão observar tudo que brilha. Depois de um tempo eu vou apagar as lâmpadas e vocês identifiquem o que vai acontecer. Tudo bem (apaga as luzes)?
- () Alunos: (falam ao mesmo tempo, falas não identificadas, mas percebe-se que se referem à surpresa).
- () Professor: E então? O que está brilhando?
- () Alunos: Jaleco, folha sulfite, caderno da aluna N, as unhas da moça do laboratório (referindo à técnica do laboratório que havia passado uma base para unhas que brilha no escuro), aqueles vidros ali (apontando para béqueres que continham água tônica), aquele pó (sabão em pó), aqueles rabiscados na sua mão (o professor havia pintado as costas das mãos com marca-texto amarelo).
- () Professor: E o que mais? Só isso?
- () Aluno N: A placa que estava ali, aquele enfeite, e se tivesse chinelo que brilha no escuro aqui também iria brilhar.
- () Professor: Tem mais alguma coisa?

- () Aluno J: Ah, professor, tem aquele líquido vermelho ali também, olha. É meio luminoso (preparo de solvente orgânico com fotossíntese extraída de folhas de árvores).
- () Professor: Muito bem. Agora vou apagar as luzes e vocês vão me falar o que aconteceu (apaga as lâmpadas de luz negra).
- () Aluno D: O jaleco apagou.
- () Aluno N: Os cadernos e as folhas também.
- () Aluno G: A unha dela parou de brilhar, sua mão também.
- () Aluno T: Mas aqueles enfeites continuam brilhando, os ponteiros do relógio também.
- () Professor: Mais alguma coisa?
- () Aluno R: O interruptor.
- () Alunos: É mesmo!
- () Aluno L: A piranha da aluna B (refere-se ao enfeite colocado no cabelo).
- () Alunos: (risadas).
- () Professor: Ok. Agora vou acender as lâmpadas normais (acende as lâmpadas). O que vocês observaram?
- () Aluno R: Teve coisa que brilhou só quando a lâmpada negra tava acesa, e teve coisa que continuou brilhando mesmo depois que apagou a lâmpada.
- () Aluno D: É isso mesmo, professor.
- () Aluno T: Então tem coisa que só brilha quando tem luz. Depois para. E tem coisa que continua.
- () Professor: Huum, entendi. Então o que difere é o que?
- () Alunos: (silêncio).
- () Professor: O tempo?
- () Alunos: É. O tempo.
- () Professor: Expliquem melhor. Quem explica.
- () Aluno T: Assim, ó. Enquanto tinha luz negra o jaleco brilhou e aquele enfeite também. Quando apagou a luz negra, o jaleco parou de brilhar na hora e o enfeite continuou.
- () Professor: Entendi. Então o que difere é o tempo que os objetos gastam pra devolver a luz negra? Posso falar assim?
- () Alunos: É... Mais ou menos...
- () Professor: Então a diferença está em?
- () Aluno R: Posso explicar professor? (...) Assim... A diferença de um pro outro é o seguinte. Um tipo só brilha enquanto tem luz negra, porque quando apaga, os elétrons voltam rápido e devolve a luz. No outro tipo, eles gastam um certo tempo pra devolver e brilham mais, não é?
- () Professor: Sim. É isso mesmo, de uma maneira mais simples. E qual é qual?
- () Aluno R: Ah, agora não sei não. Um é o fluorescente e o outro é o fosforescente.
- () Aluno K: Professor, é... Sabe quando a gente vai comprar as coisas? O povo da loja fala que é tudo fluorescente. Não tem diferença.
- () Professor: Sim. Eles utilizam as palavras como sinônimos, mas existe diferença. E é o que vamos ver agora.

Essa discussão foi iniciada para introduzir o significado de “fluorescente” e “fosforescente”. De acordo com o levantamento realizado na literatura e já discutido anteriormente, a principal diferença entre os dois tipos de luminescência se dá no retorno dos elétrons do estado excitado para o estado fundamental. Nos materiais fluorescentes a emissão é rápida e assim que a radiação fornecida pela fonte de energia é interrompida, a

emissão de luz pelo material cessa. Já na fosforescência, os elétrons gastam certo tempo para retornar aos níveis energéticos de origem, portanto a emissão de luz dura um intervalo de tempo maior, podendo atingir várias horas; nos materiais mais modernos – existem, inclusive, mostradores de relógio que emitem luminosidade o tempo todo, sem cessar. Isso acontece devido ao processo de inversão de spin, logo a fosforescência deve ocorrer em intervalos de tempo superiores. Acredita-se que a lentidão do processo inverso dos elétrons, ou seja, seu retorno ao nível fundamental, deve-se aos níveis intermediários que aprisionam os elétrons em armadilhas impedindo que o retorno seja direto, fazendo com que o tempo de emissão de luz seja maior, uma vez que os elétrons vão retornando para os níveis fundamentais gradualmente. Geralmente, o fenômeno é observado em materiais que contêm sulfeto de zinco e que possuem impurezas de cobre. O sulfeto de zinco é um material semiconductor e as impurezas de cobre introduzem novos níveis de energia no sistema: os níveis metaestáveis aprisionadores de elétrons. Os diagramas apresentados abaixo ilustram o processo ocorrido submicroscopicamente (SARTORI, LORETO, 2009).

Figura 15 – Representação esquemática da luminescência.

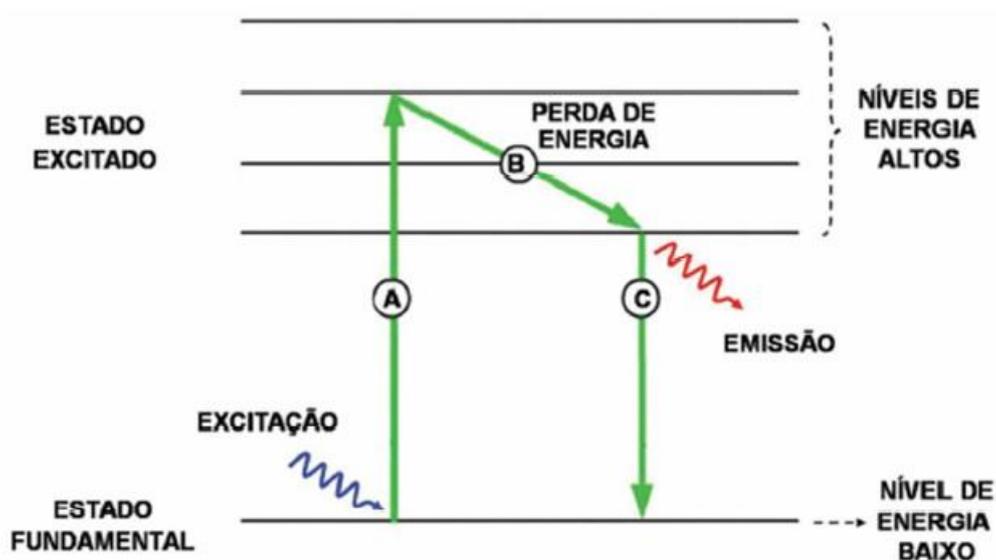


Fonte: WIKIPÉDIA. **Propriedades óticas de materiais.** 2011. Disponível em: <pt.wikipedia.org/wiki/Propriedades_%C3%B3ticas_de_materiais>. Acessado em 15 de Set. 2012.

O fenômeno da luminescência pode ser esquematicamente representado como na figura abaixo. O primeiro passo do processo fluorescente é a absorção de determinada quantidade de energia por uma molécula (ou átomo) e, posteriormente, a produção de um estado excitado eletronicamente. Isso indica que a molécula (ou átomo) absorveu uma quantidade de energia idêntica à energia necessária para a transição eletrônica e promoveu um elétron de um nível inferior para um nível superior, ou seja, do estado fundamental para o estado excitado. O estado excitado é termodinamicamente desfavorável, portanto

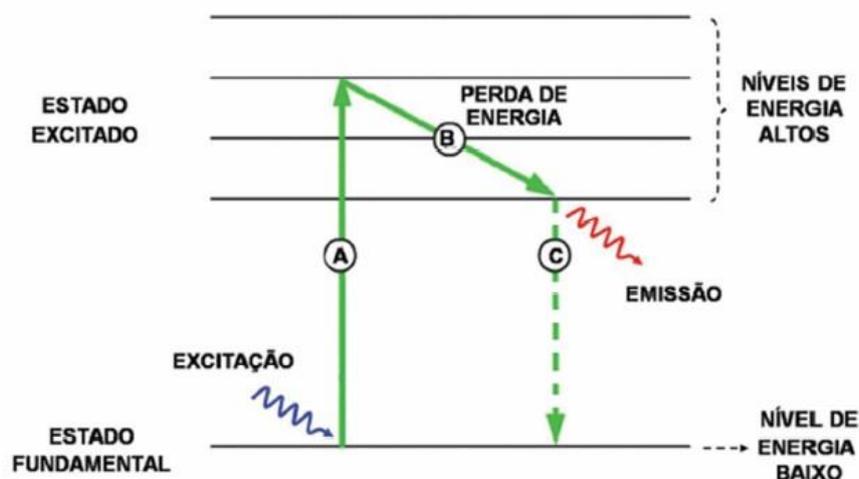
a molécula (ou átomo) não pode permanecer neste estado por muito tempo. Sendo assim, os elétrons retornam ao nível inicial e, durante o caminho de volta, liberam a energia absorvida na forma de luz.

Figura 16 – Representação esquemática do fenômeno de fluorescência. Na fase (A) ocorre o estímulo por um fóton de energia específica. Na fase intermediária (B) inicia-se a desexcitação, havendo perda de energia. Na fase final (C) o retorno ao estado fundamental ocorre com dissipação energética através da emissão de radiação visível.



Fonte: SARTORI, P. R. S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. Química Nova na Escola, v. 31, n. 2, 2009.

Figura 17: Representação esquemática do fenômeno de fosforescência. Na fase (A) ocorre o estímulo por um fóton de energia específica. Na fase intermediária (B) inicia-se a desexcitação, havendo perda de energia. Na fase final (C) o retorno gradual ao estado fundamental ocorre com dissipação energética através da emissão de radiação visível, com maior duração quando comparado à fluorescência.



Fonte: SARTORI, P. R. S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 2, 2009.

A energia que os elétrons absorvem para realizar o salto quântico deve ser igual à diferença de energia entre os níveis inicial e final, já que no modelo de Bohr a ideia central é a quantização, ou seja, os elétrons assumem valores definidos de energia, correspondentes às órbitas às quais pertencem (SATORI; LORETO, 2009).

Deste modo, a energia liberada pelo fóton deve coincidir com aquela responsável pela promoção dos elétrons, a transição eletrônica. A molécula não pode permanecer por tempo indeterminado no estado excitado, já que este é termodinamicamente instável, comparado ao estado fundamental, então a energia absorvida deve ser dissipada através dos seguintes fenômenos descritos, de acordo com Nery e Fernandez (2004):

1. Fluorescência: emissão instantânea de fóton de luz e decaimento ao estado fundamental, cessando ao interromper o fornecimento da energia absorvida necessária à promoção ao estado excitado;
2. Fosforescência: emissão de fóton de luz e decaimento do elétron excitado para um nível intermediário, chamado de metaestável, a partir do qual ocorre a emissão da radiação absorvida durante o retorno para o estado fundamental. Pode ocorrer uma desativação térmica;
3. Transição vibracional ou não radiativa: a molécula emite energia térmica através de uma série de transições vibracionais durante o retorno ao estado fundamental;

4. Reação fotoquímica: reação ocorrida pela molécula durante o estado excitado eletronicamente.

As falas do professor, transcritas anteriormente, representam o objeto de estudo para a atividade orientadora de ensino; as mesmas, para os alunos, representam o objeto de estudo para a atividade de aprendizagem. É neste sentido que professor e alunos compartilham o mesmo objeto, favorecendo a aprendizagem efetiva, e oportunizando meios de desenvolvimento para os pares (MOURA, 2010).

Note que o diálogo transcrito abaixo relata a finalização da diferenciação entre fluorescência e fosforescência para entendimento e aprendizagem dos fenômenos.

- () Professor: Vocês entenderam, então a diferença?
- () Aluno K: Sim. É por causa do tempo, né?
- () Professor: Qual tempo?
- () Aluno G: O tempo de duração do fenômeno.
- () Professor: Isso... Mas o que é durar o fenômeno?
- () Aluno B: Durar é assim... Quanto tempo fica brilhante.
- () Aluno T: Quanto tempo fica aceso.
- () Professor: Aceso?
- () Aluno R: É o tempo que os materiais emitem luz.
- () Professor: Sim. E qual é qual? Explica melhor...
- () Aluno D: Professor: Fluorescência é o que é rápido.
- () Aluno A: E fosforescência é o que é devagar.
- () Aluno G: Der! É claro, uai! Só pode ser. É o que sobrou (risos).
- () Professor: Rápido? Devagar? Como assim?
- () Aluno R: Olha... Assim... Você acende a fonte, né? Tipo... Aqui é a lâmpada de luz negra. Daí os átomos, moléculas dos materiais vão absorver. Quando absorve, ele fica com muita energia. E daí não dá pra continuar no nível que o elétron tá... Aí tem aquele estado excitado. E aí...
- () Aluno C: Aí... Aí... O elétron fica com energia pra ir pra outro nível. Então ele vai.
- () Professor: Vai pra onde?
- () Aluno T: Vai pro nível de mais energia. Que é mais pra fora.
- () Professor: Mais externo?
- () Aluno T: Sim.
- () Professor: Mais perto ou mais longe do núcleo?
- () Aluno T: Mais longe.
- () Professor: Quanto mais perto da núcleo maior ou menor a energia?
- () Alunos: Maior.
- () Aluno N: É... Menor, mas a diferença entre dois níveis vai diminuindo, né?
- () Professor: Exatamente. A energia entre os níveis vai diminuindo à medida que se distancia do núcleo, mas a energia absoluta de cada nível é maior quanto mais externo for. Então tá. Vocês falaram que os elétrons absorvem energia e vão para o estado excitado, ou seja, mudam de nível. Mas eles podem continuar lá?
- () Alunos: Não.
- () Professor: Por que?
- () Aluno R: Porque não é favorável.

- () Professor: Sim. Não é favorável. Mas não é favorável por que?
- () Aluno T: Tem muita energia. O favorável lá que você falou da termodinâmica é ficar com pouca.
- () Aluno D: Ele prefere ficar embaixo, perto do núcleo, que tem menos energia. Tipo aquele exemplo lá... Aquele da caneta, sabe?
- () Professor: Qual?
- () Aluno D: Aquele, professor, que você falou da caneta. Lembra lá que a gente falou dos tipos de energia? Então. Daí tem aquela que depende da altura, né?
- () Aluno R: A estática ou... Ou... Potencial.
- () Professor: Sim. Exato. E o que tem isso?
- () Aluno D: Uai, assim... Se você soltar a caneta no ar, ela vai cair porque a energia no chão é menor, porque tem menos altura, tá perto da terra.
- () Aluno K: Professor, e tinha aquela outra discussão lá, né? Que o rio vai pro mar.
- () Professor: Como assim, o rio vai pro mar?
- () Aluno K: É o rio que vai pro mar e não o mar que vai pro rio. Porque o rio está mais alto que o mar. Então o rio vai pro mar pra diminuir a energia.
- () Professor: Sim. No caso da luminescência não é termodinamicamente favorável que o elétron fique no estado excitado. Então ele vai retornar para o nível fundamental. E aí?
- () Aluno R: Aí que quando volta, ele tem que liberar energia.
- () Professor: Atenção pra essa parte! Ele tem que liberar quanto de energia?
- () Aluno R: O mesmo tanto que ele absorveu.
- () Alunos: O mesmo tanto. É.
- () Professor: E ele libera na forma de...?
- () Alunos: Luz.
- () Professor: Exatamente. O tempo de retorno dos elétrons é o que vai determinar, então, se é fluorescência ou fosforescência. Se os elétrons retornarem rápido acontece?
- () Aluno T: Fluor.
- () Aluno N: Fluorescência.
- () Professor: Ok. Se desligar a fonte que fornece energia o que acontece?
- () Alunos: Pára.
- () Professor: Pára o que?
- () Aluno G: Pára de emitir luz. Pára a luminescência.
- () Professor: Isso! Exatamente. Usamos onde?
- () Aluno K: Placa de carro.
- () Aluno N: Roupa de motoboy.
- () Professor: Exatamente. E se demorar?
- () Aluno R: Se demorar aí é fosforescência. Tem aqueles estados meta... Metaestáveis que aprisionam né?
- () Professor: Aprisionam o que?
- () Aluno L: Aprisionam os elétrons. Seguram, né?
- () Aluno J: Isso. Tipo armadilha. Aí os elétrons voltam mais devagar.
- () Professor: E dura quanto tempo?
- () Aluno A: Mesmo depois que apaga a luz eles continuam brilhando. Daí tem até os relógios que tem ponteiros que brilham o tempo todo. Sem fim.
- () Aluno N: E tem também aqueles chinelos de quarto que brilham no escuro, sabe? Apaga a luz e eles ficam umas duas horas brilhando, igual às estrelinhas de colar no teto.

O diálogo transcrito acima mostra a finalização do ensino sobre fluorescência e fosforescência e suas diferentes aplicações. Cabe ressaltar que se tratou de um

questionamento para compreender o que e como os alunos poderiam mostrar indícios de aprendizagem dos dois conceitos. Neste trecho não se pode dizer que algum aluno exerceu o papel de par mais capaz (VIGOTSKI, 2000), tendo em vista que houve participação efetiva de quase a totalidade dos alunos. Neste último diálogo os alunos não apresentaram erros conceituais durante a língua falada.

Análise da atividade na aula 3:

Tabela 7 – Análise dos elementos constitutivos da atividade de aprendizagem na aula 3.

Necessidade	Condições Internas
Compreenderem como se dá o fenômeno da fluorescência, assim como o da fosforescência para que, então, seja possível no próximo encontro o levantamento de hipóteses que expliquem o “brilho” dos materiais fornecidos a partir dos procedimentos experimentais adotados na atividade investigativa de ensino.	Motivação em participar de uma atividade extraclasse.
Motivo	Objeto
Compreender o fenômeno “luminescência” e sua aplicação na cultura humana.	Níveis de energia do átomo e elétrons.
Ações	Objetivos
Coordenar as operações de modo que o conhecimento localizado na ZDP pudesse ser englobado pelo NDR a partir das interações com os pares, realizadas durante as discussões e a mediação do professor através dos questionamentos.	Aprender quimicamente os conceitos “fluorescência” e “fosforescência”, diferenciando-os e entendendo a utilização particular de cada um.
Operações	Condições Operacionais
Responder aos questionamentos do professor e discutir com os alunos a partir dos conceitos contidos no Nível de Desenvolvimento Real: como o modelo atômico proposto por Bohr, a transição eletrônica e o movimento dos elétrons nos níveis energéticos.	Material didático fornecido, discussão realizada, representação dos modelos atômicos em projeção.

Fonte: Do autor.

8.3.4 Aula 4

A aula quatro objetivou o levantamento de hipóteses por parte dos alunos e respectivos testes para validá-las ou refutá-las de acordo com os estudos realizados nos três encontros anteriores. A atividade genérica de desenvolvimento humano principal era descobrir o motivo de determinadas substâncias “brilharem” quando expostas à lâmpada de luz negra disponível no ambiente em que ocorreram os encontros. As ações foram concretizadas a partir da seguinte pergunta que representou a necessidade disparadora: “Por que estes materiais brilham sob a luz negra?”. Tal necessidade dirigiu as ações ao encontro dos objetivos que, por sua vez, eram particulares e serão discutidos mais adiante.

De acordo com a discussão realizada no capítulo escrito sobre a experimentação, as atividades investigativas neste formato, visam o levantamento de hipóteses para a solução de problemas, bem como posterior execução para verificação de tais hipóteses (HODSON, 2005; HOFSTEIN, 2004; HOFSTEIN; LUNETTA, 2004; BENITE; BENITE, 2009; GOI; SANTOS, 2009).

Na aula em foco, os alunos reuniram-se em grupos de dois ou três alunos cada, assim como nos encontros anteriores. Expliquei que, através de atividades experimentais, deveriam propor respostas à seguinte pergunta apresentada a eles: “Por que estes materiais brilham sob a luz negra?”. Os alunos ainda não eram capazes de afirmar com absoluta certeza, antes de manipular os materiais, quais iriam sofrer o fenômeno de luminescência, assim como diferenciá-los em fluorescentes ou fosforescentes. Afirmei que poderiam escolher alguns materiais dos disponíveis a todos os alunos e testá-los para, primeiramente, afirmar sobre o fenômeno da luminescência. Os materiais disponibilizados eram:

- sabão em pó,
- água tônica,
- retalhos de diferentes tipos de tecidos,
- álcool etílico comercial,
- folhas de árvores,
- água destilada,
- pedaços de placas de trânsito,
- adesivos para coletes de motoboys,
- esmalte fluorescente para unhas,
- refrigerante de limão,
- água com gás,
- manta térmica e agitador magnético,
- gelo.

Figura 18 – Materiais disponibilizados para execução do experimento.

Fonte: Foto do autor.

Cabe ressaltar que não foi revelado para os alunos qual o conteúdo e composição da água tônica. A latinha estava coberta com adesivos impedindo a leitura do rótulo. Ressalto, ainda, que foi disponibilizado para cada grupo de alunos, uma caixa preta (figura 19), uma lâmpada de luz negra e uma extensão com bocal. Esclareci para os alunos que eles deveriam escolher alguns materiais que foram disponibilizados e colocá-los sob a lâmpada de luz negra, dentro da caixa preta. Furneci instruções para a montagem da caixa, encaixe da lâmpada na extensão e acionamento de energia elétrica. Após observarem o fenômeno ocorrido, deveriam escrever quais materiais brilharam e qual a diferença entre eles a termo de constituição e brilho – intensidade e tempo; propondo o que eram tais materiais, já que nem todos eram conhecidos. Após este momento, os alunos deveriam discutir entre os integrantes do próprio grupo os motivos e as observações realizadas. A partir disso caminharam para o próximo passo, que é o levantamento de hipóteses.

Figura 19 – Caixa preta fornecida aos alunos.



Fonte: Foto do autor.

Antes de realizar a discussão entre os grupos para o levantamento de hipóteses, julguei necessário mais uma retomada do conteúdo, a fim de confirmar se os alunos estavam compreendendo o fenômeno com base na explicação dos modelos atômicos, considerando a evolução histórico-cultural. O trecho da retomada feita está transcrito abaixo:

- () Professor: Antes, vamos recapitular uma coisa. O que é luminescência?
- () Aluno N: Emissão de luz.
- () Professor: Qual luz?
- () Aluno N: Luz que a gente vê, branca.
- () Aluno T: Do visível.
- () Professor: E lembrando... Qual é o modelo atômico que dá conta de explicar esse fenômeno?
- () Aluno D: O de Bohr, professor?
- () Professor: Sim. Por que?
- () Aluno C: Por conta daqueles saltos lá.
- () Aluno B: Quantum, não é? Um negócio assim... Ou quanta...
- () Professor: Sim. Isso mesmo. Mas qual explicação do modelo de Bohr que permite o entendimento dos saltos?
- () Aluno N: As camadas, né?
- () Aluno J: Não. Mais ou menos. Os níveis energéticos, né?
- () Professor: Sim. Os níveis energéticos que estão quantizados. Cada nível exige certa quantidade de energia para que os elétrons permaneçam ali.
- () Aluno L: Aí ele ganha energia e pula pra outro.

Interrompo o trecho aqui para uma discussão importante. A análise da linguagem utilizada pelo aluno L, na última frase transcrita, revela que ocorreu uma interpretação e formação de conceitos de característica animista. O aluno sugere que o elétron “pula” de níveis, atribuindo características humanas a entidade química, o que sugere animismo. Este deve ser entendido como a crença de que os objetos ou entidades (científicas ou não) são habitados por espíritos ou divindades que controlam os eventos no mundo natural. De acordo com Bachelard (1996 apud Gomes e Oliveira, 2007) o animismo pode se apresentar enquanto obstáculo epistemológico à aprendizagem, uma vez que o mesmo atribui vida a determinado fenômeno, instaurando relevância. O referido autor afirma que vida é uma palavra mágica, marcando valor às substâncias. Contudo, os entraves gerados pelos obstáculos epistemológicos devem ser encarados além de aspectos pontuais e falhos. Eles são importantes à aprendizagem à medida que se estabelecem questionamentos e críticas, fortalecendo a diferença entre conhecimento comum e científico.

Continuando o diálogo:

- () Professor: E por que é que os outros modelos atômicos não conseguiam explicar a luminescência?
- () Aluno D: O primeiro lá... Era... O de Dalton, né? É... Isso... Ele era uma bolinha. Não tinha nada. Indivisível.
- () Professor: Sim. Concordam com o aluno D, gente?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Se o átomo não é divisível, não pressupunha a existência de elétrons e, portanto, não existiriam os saltos quânticos, nem a absorção de energia para liberar depois.
- () Aluno T: É. Porque ele não tem nada. O átomo era maciço.
- Professor: E o outro? O próximo? Afirmava que o átomo era dividido em?
- () Aluno J: Cargas, né? O Thomson fala do panetone. Tem partículas com carga. Mas tá tudo na bolinha. Tudo no núcleo.
- () Professor: Ok. Exatamente. E depois? Rutherford, né?!
- () Aluno C: Sim. Esse é o das camadas, dos planetas.
- () Professor: Ele explica a luminescência?
- () Aluno R: Não, né, professor. Ele não fala do movimento dos elétrons... Fala que cada elétron tá em uma órbita, igual os planetas no Sol, mas é meio pobre.
- () Professor: Isso. Só depois, com os estudos de Bohr, podemos afirmar que começou o entendimento sobre a movimentação dos elétrons, né?! E qual o conceito que ele introduz?
- () Aluno T: Quantização.
- () Professor: Qual?
- () Aluno L: Quanta.
- () Aluno D: Saltos quânticos.
- () Aluno G: É... Isso mesmo, professor.

- () Professor: Isso. Exatamente. E não podemos esquecer que o estado excitado não é favorável energeticamente, né?!
- () Aluno R: Sim. Por isso ele volta.
- () Professor: Volta e...?
- () Aluno T: Libera luz, uai.
- () Aluno N: Brilha. Fluoresce.
- () Aluno J: Ou fosforesce, também.
- () Professor: Exatamente. Vamos então pressupor o brilho de alguns materiais quanto a diferença entre fluorescência e fosforescência? O que difere os dois tipos mesmo?
- () Aluno G: O tempo.
- () Aluno R: Tipo. Os fluorescentes param de emitir luz no instante que param de absorver energia, porque é rápido. Os fosforescentes continuam por algum tempo, que pode demorar ou ser um pouco menor, porque tem aquelas espécie de armadilha lá, né, que prende os elétrons, e eles voltam mais devagar.
- () Professor: Isso... Então vamos fazer dois quadros. Num lado estarão os fluorescentes, que param de emitir brilho rápido, e no outro, os fosforescentes, que demoram mais tempo brilhando, mesmo depois que não tem mais radiação absorvida. Vamos lá. Fluorescentes primeiro... Fala pra mim... Objetos fluorescentes...

O quadro construído está representado abaixo (tabela 8) e mostra as concepções dos alunos com base nos objetos que já são conhecidos:

Tabela 8 – Classificação dos materiais em fluorescentes e fosforescentes.

Fluorescentes	Fosforescentes
Jaleco	Pulseira
Papel	Enfeites de estrelinha
Caixa organizadora	Chinelo
Dentes	Camiseta que brilha no escuro
Tênis	Gelocósmicos
Meia	Enfeite de cabelo
Camiseta	
Unha	

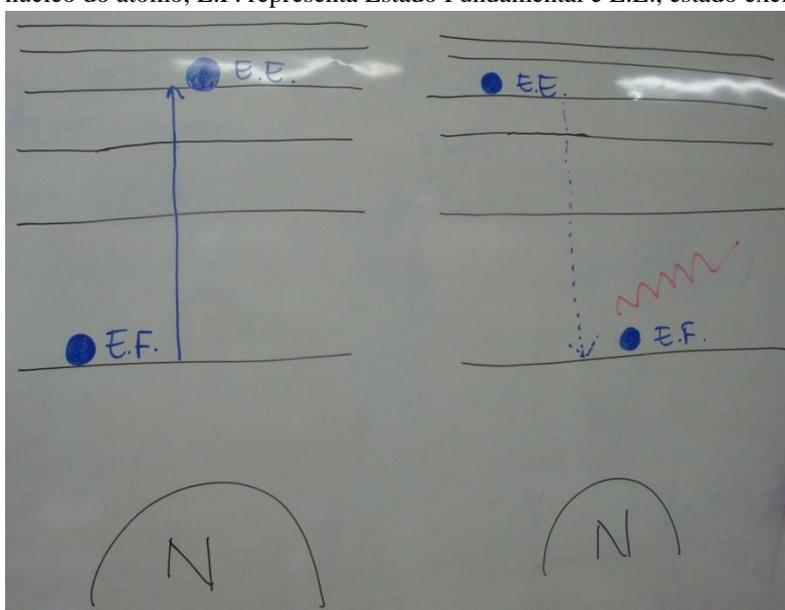
Fonte: do autor.

Veja que o trecho acima indica possível ampliação da ZDP e, conseqüentemente, do NDR, a partir da incorporação de novas palavras ao vocabulário e utilização correta de termos científicos em contextos adequados, o aluno T responde “quantização”, o aluno L cita “quanta”, ou ainda a fala do aluno R “Os fluorescentes param de emitir luz no instante que param de absorver energia, porque é rápido. Os fosforescentes continuam por algum tempo, que pode demorar ou ser um pouco menor, porque tem aquelas espécie de armadilha lá, né, que prende os elétrons, e eles voltam mais devagar”, indicando o papel de par mais capaz, auxiliando o movimento de incorporação de conceitos no NDR. (VIGOTSKI, 2005). Anteriormente à mediação realizada no diálogo transcrito acima, a

informação sobre as limitações dos modelos atômicos, não são apreendidas pelos alunos, estão na Zona de Desenvolvimento Proximal. Posteriormente, percebe-se que os alunos apontam para a ampliação do conhecimento construído ao responderem às perguntas feitas. Ao mesmo tempo, a análise do trecho acima revela que os alunos estavam mobilizados para apreender um conteúdo químico a ser negociado: a luminescência a partir do modelo atômico de Bohr (LEONTIEV, 1978b; MOURA, 2010).

Após a montagem da tabela acima no quadro branco em conjunto com os alunos, expliquei mais uma vez a diferença entre fluorescência e fosforescência e fiz um desenho representativo (figura 20):

Figura 20 – Desenho feito representando a fluorescência (N representa o núcleo do átomo, E.F. representa Estado Fundamental e E.E., estado excitado).



Fonte: Do autor.

Depois da discussão apresentada, os alunos dividiram-se em grupos determinados por eles mesmos e foram até a mesa central para dar início aos procedimentos. Primeiro deveriam identificar quais objetos brilhariam e depois encontrar e entender o motivo do brilho.

A realização da atividade experimental foi acompanhada pelos bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência - PIBID que colaboraram no planejamento e preparação do material a ser utilizado nas aulas do minicurso. Cada bancada com dois ou três alunos era acompanhada por um bolsista que ficou responsável por conduzir a atividade, supervisionar os testes das hipóteses, julgando se eram possíveis de serem realizadas e o principal, realizar anotações para análise a partir da teoria

estudada (LEONTIEV, 1978a). Todos os grupos realizaram a montagem da caixa preta com a lâmpada de luz negra de acordo com o solicitado e deram início ao teste de hipóteses. A apresentação dos dados está dividida por grupos e apresentada sistematicamente abaixo:

Grupo 1

Necessidade: Identificar quais objetos são fluorescentes, quais são fosforescentes e quais não sofrem o efeito da luminescência. A necessidade é dirigida pela condição interna de cada aluno, que foi a participação do minicurso por livre escolha, apontando para a compreensão do fenômeno da fluorescência de roupas brancas nas baladas iluminadas por lâmpadas de luz negra.

Motivo: Realizar a atividade experimental proposta dirigindo para o final do minicurso. O objeto da atividade é a aprendizagem dos conteúdos químicos propostos.

Ações: Realizaram testes com:

- a) Folhas de árvore macerada com álcool;
- b) Água tônica;
- c) Sabão em pó;
- d) Álcool;
- e) Mistura de água tônica, sabão em pó e álcool;
- f) Pedaco de tecido de algodão;
- g) Pedaco de tecido de linho;
- h) Água com gás;
- i) Refrigerante de limão;
- j) Água tônica aquecida na manta térmica e agitada com o agitador magnético para esquentar e assim facilitar a retirada do gás;
- k) Água com gás gelada;
- l) Água mineral.

Objetivos: O objetivo principal é identificar quais objetos sofrem o efeito da luminescência e diferenciá-los entre fluorescentes e fosforescentes. Cada ação estava direcionada para um objetivo específico, assim como afirma Leontiev ao explicar a teoria da atividade. As ações devem coincidir com os objetivos para concluírem a atividade. Portanto, o entendimento de que a investigação apresentada visava compreender e diferenciar a luminescência de alguns materiais, dividindo-os em fluorescentes e fosforescentes, aponta para algumas ações, que de modo genérico fez com que os grupos apresentassem hipóteses explicativas que foram testadas a partir de propostas experimentais, concluindo sobre o fenômeno investigado. Vale ressaltar, mais uma vez, que neste tipo de atividade, não é fornecido nenhum roteiro experimental que apresente o procedimento a ser seguido durante os ensaios.

Uma das hipóteses levantadas pelo grupo 1, é que o “líquido” brilhava (referindo-se a água tônica, sem saber o que era) porque “tinha gás”. Essa foi a primeira hipótese levantada e para testá-la, os alunos deveriam, então, eliminar o gás. Através de uma mediação, envolvendo conceitos químicos como “solubilidade”, discuti com os alunos que a maneira mais fácil para eliminar o gás, seria aquecer o líquido com agitação. Observe:

- () Aluno D: Professor, a gente discuti aqui, e a gente tá achando que é o gás que tá fazendo isso aqui brilhar. A gente ainda não sabe o que é direito esse líquido, mas deve ser o gás.
- () Aluno R: Ele fica muito azul, professor... Talvez o gás deixa ele mais forte, mais ácido, sei lá. Então a gente acha que é o gás mesmo.
- () Professor: Ok. E como a gente pode fazer pra testar essa hipótese, então?!
- () Aluno D: Tirar o gás.
- () Professor: Como?
- () Aluno D: Chacoalhando.
- () Aluno R: Não... Não dá. Não vai sair tudo...
- () Professor: Será que a temperatura pode influenciar?
- () Alunos: Não sei...
- () Professor: Veja... Qual Coca-Cola tem mais gás? Uma gelada ou uma quente?
- () Alunos: Gelada...
- () Professor: E então? Isso ajuda vocês?
- () Aluno R: Ajuda. Então tem que aumentar a temperatura.
- () Professor: Sim. Pensem em solubilidade.
- () Aluno D: Mas, professor...
- () Aluno R: (interrompendo o raciocínio do aluno D) Mas quanto maior a temperatura, maior a solubilidade.
- () Aluno D: É... O gás não vai ficar mais dissolvido? Não vai ter mais gás?
- () Professor: Essa lei é válida para sólidos e líquidos. A lei de solubilidade dos gases é inversa. Quanto maior a temperatura, menor a solubilidade. Lembram daquele fenômeno que em dias muito quentes pode haver morte de peixes em águas com baixo teor de oxigênio?
- () Alunos: Sim...
- () Professor: Então. O que vocês tem que fazer?
- () Alunos: Esquentar.

Os alunos esquentaram a água tônica na manta térmica com o auxílio de um agitador magnético. Foi explicado que o mesmo auxiliaria na retirada dos gases. Após o ensaio, os alunos colocaram o líquido sob a luz negra e verificaram que o mesmo ainda brilhou. Instigados, um dos alunos afirmou que ele havia pensado que pudesse ser a temperatura, também, mas “que já percebi que não é, porque gelado brilhou, e agora quente brilhou também”.

- () Aluno D: Professor, é Sprite isso aqui né? Deve ser alguma coisa do refrigerante.
() Professor: Vamos testar com Sprite.

Os alunos realizaram o teste com Sprite, água com gás e em diversas temperaturas, mas concluíram que todas as hipóteses eram inválidas. Identificaram que o “líquido” não era refrigerante e o que o tornava luminescente, era “alguma coisa que ele tinha”. Pedi aos alunos que desembrulhassem a lata e viram, então, que se tratava de água tônica. A partir da investigação do rótulo os alunos disseram que era “água tônica de quinino”. Questionei sobre a substância e sugeri que pesquisassem na internet para apresentar para os outros alunos no próximo encontro. Veja que essa foi uma sugestão para que no momento de socialização, os alunos D e R se tornassem os pares mais capazes no processo, ao se tratar da luminescência da água tônica, que se apresenta como substância fluorescente.

Os outros testes realizados foram com as folhas de árvore maceradas com álcool e pedaços de tecido lavados com sabão em pó e com sabão em barra. Uma hipótese levantada, mas refutada logo de início, é que o sabão em pó tornaria qualquer tecido fluorescente, já que o sabão em pó em si apresenta essa característica.

As **operações** executadas se resumem em meios para se executar as ações, realizadas de modo inconsciente. Por exemplo, as operações para realizar o aquecimento da água tônica consistiram em abrir a latinha, colocar o líquido em um béquer, ligar o aquecedor térmico, colocar o béquer com água tônica na manta, regular a temperatura para o aquecimento, esperar o tempo de fervura, retirar o béquer da manta térmica com o auxílio de uma garra, colocar na bancada e depois sob a luz negra.

As **condições materiais** são ligadas diretamente à execução de operações, possibilitando sua realização. As condições materiais, neste caso, então, são os materiais disponíveis no laboratório para o teste das hipóteses levantadas, confirmando-as ou refutando-as.

Grupo 2

A necessidade, o motivo e as condições materiais são idênticas entre os grupos e, por isso, compartilhadas. Desta maneira, não é necessário repeti-las a cada análise. A explicação e discussão de resultados focam as ações dos grupos. Da mesma maneira, os objetivos não serão aqui discutidos em um tópico específico, tendo em vista sua expressão a partir da análise das ações.

No que diz respeito às ações, realizaram testes com:

- a) Folhas de árvore disponíveis no laboratório;
- b) Folhas de árvore escolhidas pelo grupo em vegetais diversos espalhados pela universidade;
- c) Álcool;
- d) Água tônica;
- e) Água;
- f) Sabão em pó.

As **ações** realizadas pelo grupo consistiram, em suma, em preparar uma mistura com folhas de árvore e álcool etílico e identificar se a mesma sofreria o fenômeno da fluorescência e, se sim, qual a cor emitida pelo material.

De acordo com a Teoria da Atividade (LEONTIEV, 1978a), as ações devem se direcionar a determinados **objetivos**, que dão o caráter à atividade, como um todo. No presente caso estudado, os alunos do grupo 2 identificaram que a mistura acima fluoresceu quando recebeu radiação de raios ultravioleta. A primeira hipótese levantada pelos alunos foi a de que eram as folhas de determinada árvore que “brilhavam”. Acompanhe o diálogo:

- () Aluno N: Professor, a gente tem que amassar isso aqui (referindo-se às folhas) pra fazer um caldinho, né?
- () Professor: Por que caldinho?
- () Aluno G: Porque só a folha, assim, não brilha. E deve que a substância que sai dela, brilha. A gente vai tentar, então...
- () Professor: Ok. Os materiais estão disponíveis na mesa central.
- () Aluno N: Vamo lá pegar, então. Ó... Você vai tirando as folhas aí dos galhos e picando e me entregando... Eu... Eu vou amassando. Vamos por álcool pra tirar, porque álcool é mais forte.
- () Professor: **[realizando mediação]** Como assim mais forte? **[note, aqui, o movimento realizado com a mediação para ampliação da ZDP dos alunos]**
- () Aluno N: Uai, forte.
- () Aluno G: Ele tira melhor.
- () Professor: Vamos melhorar isso... Por que tira melhor? A gente pode substituir o termo tirar por extrair?
- () Alunos: Sim.
- () Aluno N: Tipo aquele do perfume, né, professor? [referindo-se ao episódio de ensino citado no capítulo anterior, “A Química dos Perfumes”, o qual foi frequentado pelo aluno].
- () Professor: Isso. O álcool é um extrator mais eficiente que a água para os vegetais. É uma substância orgânica.
- () Aluno N: É. Isso.

Os alunos preparam a mistura, realizam a extração macerando as folhas fornecidas no início da aula com álcool etílico e obtém um “líquido verde que brilha vermelho”. Os

alunos referiam-se à mistura de clorofila com álcool, que é verde na luz branca, e vermelho-sangue quando exposta à lâmpada de luz negra.

A hipótese levantada pelos alunos é que era exclusivamente aquela árvore (não informada) que fornecia folhas fluorescentes na luz negra. A investigação realizada sugeriu que recrutassem outras folhas de outras espécies de árvores e para isso os alunos retiraram-se do laboratório para conseguirem outras folhas e realizar o teste, para refutar ou confirmar a hipótese. Decorridos alguns minutos, os alunos retornaram com folhas de dois vegetais distintos. Recorreram ao mesmo procedimento relatado anterior para a extração de clorofila. Observe:

- () Aluno N: Nossa, professor. Também brilhou.
- () Aluno G: Brilhou o das duas plantas. Essa aqui (referindo-se às folhas de uma das plantas) é daquela árvore que tem lá embaixo perto da entrada, sabe? Aquela árvore grande que tem ali entre esse prédio e aquele do lado. E essa aqui (referindo-se às folhas da outra planta) é daquela flor que tem no jardim ali. As duas brilharam vermelho, também.
- () Professor: E o vermelho era o mesmo?
- () Aluno N: Sim. Bem parecido. Vermelho igual sangue! Professor! E sangue? Será que brilha? (os outros alunos escutaram e riram).
- () Aluno D: Uai, tira do seu sangue. Faz um corte aí no seu dedo e testa (risadas de todos os outros alunos).

No próximo trecho transcrito há relatos de mediação para validação ou refutação da hipótese de que a planta fornecida era específica e somente ela fluorecia:

- () Professor: Então com isso vocês descobriram o que, gente?
- () Aluno N: Que não é aquela planta.
- () Aluno G: Todas brilham, né, professor?
- () Professor: O que elas tem em comum?
- () Aluno N: Uai... São verdes, né...
- () Professor: Sim. São verdes. A resposta é meio lógica, mas é isso mesmo. E o que é esse verde?
- () Aluno N: Ai ai ai ...
- () Aluno G: Não sei não professor...
- () Professor: Qual característica comum a todas as plantas verdes?
- () Alunos: Não lembro...
- () Professor: Gente! Vocês não lembram não? Toda planta faz o que?
- () Alunos: Fotossíntese.
- () Professor: Isso! Viu como lembra? É só forçar (risadas).
- () Aluno N: Mas isso é Biologia, nossa!
- () Professor: Não. Isso é vida. É tudo junto (risadas). E o que é que as plantas possuem nas folhas que torna a fotossíntese possível?
- () Aluno G: Ah! Agora não dá pra lembrar não, professor...

- () Professor: Certeza?
- () Aluno N: Não dá. Também não lembro.
- () Aluno G: Dá não...
- () Professor: O que é que torna a folha verde?
- () Aluno N: Não lembro...
- () Aluno G: Não sei...
- () Professor: Cloro?
- () Alunos: ...fila! Clorofila!
- () Professor: Isso. Sim. Então o que é que fluoresceu na lâmpada de luz negra?
- () Alunos: A clorofila!

O relato acima mostra como os alunos procederam, experimentalmente, para o teste da hipótese de que as folhas fornecidas pertenciam a uma espécie vegetal fluorescente. O procedimento realizado refutou a hipótese levantada e, através da mediação, tendo a experimentação como objeto e a investigação como instrumento, revelou a construção de um novo conhecimento: a substância clorofila é fluorescente quando exposta sob luz ultravioleta. A clorofila absorve luz na região azul e vermelha, por isso apresenta-se verde à luz branca, portanto, quando exposta aos raios ultravioletas, emite luz na região de 700 a 750 nm, o que representa a cor vermelho-sangue.

Grupo 3

Em termos de ações, o grupo realiza testes com:

- a) Sabão em pó;
- b) Álcool;
- c) Água tônica;
- d) Marca-texto;
- e) Mistura de água tônica e clorofila;
- f) Folhas de três espécies de árvores.

As **ações** realizadas dirigiam-se, individualmente, para os **objetivos**, de forma que, por exemplo, as misturas realizadas pelo grupo (explicadas adiante) procuravam entender as cores emitidas pelas substâncias quando expostas sob a lâmpada de luz negra; ou então, a observação de diferentes substâncias que recebem a radiação ultravioleta **objetiva** identificar porque algumas substâncias são luminescentes e outras, não. Ao questionar sobre as ações do grupo, identifiquei uma mistura na bancada que fluorecia na cor verde sob a lâmpada de luz negra. Essa era uma ação que não estava prevista durante o preparo do minicurso, nem pelo pesquisador, nem pelos bolsistas do PIBID. Os alunos informaram que era uma mistura de água tônica, sabão em pó e do líquido preparado com álcool e folhas de árvore maceradas. Observe atentamente o trecho transcrito que revela confusão conceitual:

- () Professor: O que é esse líquido verde, meninos?
- () Aluno K: Uma mistura que a gente fez aqui, professor.
- () Professor: Mistura do que?
- () Aluno T: De refrigerante (referindo-se à água tônica), sabão em pó, folha e álcool.
- () Professor: Como vocês prepararam?
- () Aluno K: A gente colocou o refrigerante e viu que brilhava azul. Daí colocou sabão em pó e ficou mais azul... Mais forte... Depois a gente colocou esse outro aqui, ó (referindo-se à mistura de álcool e folha de árvore macerada). E aí ficou verde.
- () Professor: Entendi. Diferente de todos os outros, né?! Que legal... Acho que nenhum outro grupo fez essa mistura. Por que vocês fizeram isso?
- () Aluno T: Porque foi assim... A gente achou que ia ficar roxo. A gente fez pra ficar roxo, né, aluno K?
- () Aluno K: É professor! Roxo. Mas ficou verde (risos).
- () Professor: Hum... Entendi tudo... Mas por que é que tinha que ficar roxo?
- () Aluno T: Juntar azul com vermelho, professor. Azul e vermelho dá roxo, não é? A gente colocou primeiro esse (referindo-se à mistura de água tônica com sabão em pó) que é azul e depois juntou com esse (referindo-se à mistura de álcool com folha de árvore macerada) que é vermelho, e pensou que ia ficar roxo... Não verde...
- () Professor: Ok, ok... Mas vejam bem...

A continuação do relato abaixo objetiva revelar como o erro conceitual foi sanado. Identifiquei que as alunas estavam aplicando a regra de “mistura de tintas” às luzes. É certo que a mistura de uma tinta azul com uma tinta vermelha, resultaria em uma tinta roxa, mas o mesmo não é válido para o espectro eletromagnético da luz, ainda mais que azul e vermelho não eram as cores reais das substâncias sob luz branca. Azul e vermelho são as cores resultantes do fenômeno da luminescência, no caso, fluorescência, das substâncias quando expostas à luz da lâmpada de UV. O que certamente ocorreu, foi uma reação química entre a água tônica, o sabão em pó, o álcool etílico e a clorofila (presente nas folhas das árvores). A nova substância formada quando recebe raios de comprimento do ultravioleta fluoresce na cor verde, isto é, a luz emitida pela nova mistura está na faixa de comprimento de 530 a 580 nm. Continua:

- () Professor: ... vocês não estão misturando tinta, certo? Pensem comigo... Qual a cor desta mistura (referindo à mistura de água tônica e sabão em pó) na lâmpada branca?
- () Aluno T: Azul. O refrigerante (referindo-se à água tônica) é transparente, o sabão em pó é azul.
- () Professor: Certo. E a cor desta mistura (referindo-se à mistura de álcool com folhas de árvore maceradas)?
- () Aluno K: Verde. Da cor da folha, clorofila.
- () Professor: Pois é. Será que não aconteceu alguma reação química aqui?
- () Aluno T: Ah... Acho que sim. A gente misturou muita coisa.

- () Professor: Com certeza. E produto é uma substância que quando exposta à luz negra brilha na cor verde. Entendem?
- () Aluno K: É verdade, professor.
- () Aluno T: É sim. A gente fez igual você falou... Como se a gente tivesse... Misturando lápis de cor... Mas não é, né...

O trecho transcrito acima revela como a experimentação investigativa pode contribuir não só para a ampliação do NDR e ZDP, mas, também, para corrigir conceitos utilizados coerentemente, como descrito a partir da mistura de cores de “luz” ou “tintas”. A riqueza da abordagem experimental sem a utilização de roteiros é grande, tendo em vista a possibilidade de trabalho sem que os alunos se detenham a seguir um procedimento experimental proposto, vez que a investigação é, também, chamada de “laboratório aberto”, testando hipóteses levantadas por eles mesmos, aceitando-as ou refutando-as (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; AZEVEDO, 2004). Durante o trabalho, que acaba tornando-se mais livre, dando mais espaço para os alunos proporem soluções tais quais imaginam ser as mais eficazes, é comum que surja propostas não tão comuns, contemplando a criatividade e habilidade crítica dos mesmos. Cabe, então, ao professor orientador e mediador da atividade, selecionar quais são as hipóteses possíveis de serem testadas em determinadas condições materiais (HOFSTEIN, 2004).

Grupo 4

Ações: Realizaram testes com:

- a) Retalhos de tecido de algodão;
- b) Retalhos de tecido de algodão (várias cores);
- c) Retalhos de tecido de cambraia (várias cores);
- d) Retalhos de tecido de náilon (várias cores);
- e) Sabão em pó;
- f) Sabão em barra;
- g) Detergente;
- h) Álcool;
- i) Folhas de árvore;
- j) Água tônica;
- k) “Base-balada” para unhas;
- l) Água com gás.

As **ações** realizadas pelo grupo consistiram, em sua maioria, em realizar lavagens de diferentes tipos de tecidos com diferentes produtos, citados acima. O **objetivo** era testar a **hipótese** de que o sabão em pó era o único responsável por fazer os tecidos fluorescerem, já que ele é a única substância fluorescente sob a lâmpada de luz negra, dentre as que o grupo escolheu para realizar as lavagens.

Durante o processo investigativo o grupo constatou que o sabão em pó é uma substância que fluoresce quando exposta à radiação ultravioleta, diferentemente do sabão em barra e do detergente. O diálogo abaixo revela as **operações** como os modos de se realizar a lavagem dos tecidos coordenando-se para constituírem as **ações**, que foram diretamente dirigidas ao **objetivo**: identificar o **motivo** pelo qual as roupas brilham sob luz negra, especialmente as roupas brancas, representadas pelos retalhos de tecidos. Acompanhe:

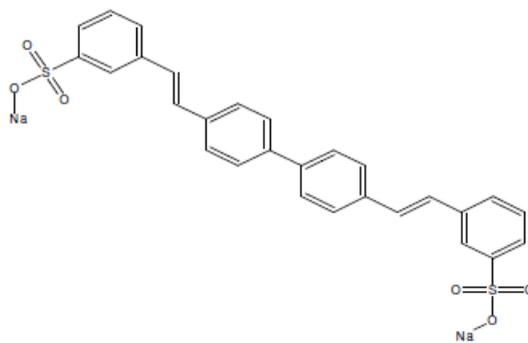
- () Professor: Vocês identificaram que os tecidos brilham né?
- () Aluno L: Sim, mas é só o branco, professor.
- () Professor: Só os brancos que brilham?
- () Aluno J: Assim... Inteiro é... O pedaço inteiro brilha.
- () Professor: E os coloridos?
- () Aluno L: Então... Se olhar bem de pertinho, dá pra ver umas bolinhas que brilham, mas bem pequenas, só uns pontinhos... Por que será?
- () Professor: Nós vamos descobrir. Vocês separaram aqui (apontando para a bancada) alguns materiais de limpeza (referindo-se ao sabão em pó, sabão em barra e detergente). Vocês observaram se eles brilham ou não?
- () Aluno L: Sim. Só o sabão em pó. No começo a gente tava em dúvida do detergente, mas depois a gente viu que é o frasco que brilha.
- () Aluno J: É... Só a garrafinha.
- () Professor: Como vocês sabem?
- () Aluno J: A gente colocou no vidro (risadas).
- () Professor: Muito bem. Só o sabão em pó brilha. O que vocês imaginam que isso significa?
- () Aluno L: Que as roupas que brilham são lavadas com sabão em pó.
- () Professor: Será? Se lavar com detergente ou sabão em barra não vai brilhar?
- () Aluno J: Então. Tem que ver. A gente pode lavar?
- () Professor: Claro!

Note que as duas últimas frases do diálogo priorizam o levantamento de hipóteses mesmo durante a realização de algumas ações, no caso, a lavagem dos tecidos. De acordo com a literatura já abordada acima, as atividades investigativas de ensino priorizam a postura ativa do aluno como sujeito principal de sua aprendizagem, portanto, os mesmos elaboraram hipóteses: "...as roupas que brilham são lavadas com sabão em pó.", e realizaram um novo planejamento para o teste da mesma: "A gente pode lavar?". Como a proposta é condizente com a hipótese e possível de ser realizada com as condições físicas oferecidas pelo local e pelos materiais, é uma ação válida (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; AZEVEDO, 2004; CAMILLO, 2011, FIRME; AMARAL, 2011, NUÑEZ; FARIA, 2004; AMARAL, 2012). Segue continuação do diálogo após a lavagem dos tecidos:

- () Professor: E aí, meninas?
- () Aluno L: Professor, a gente lavou e o pano branco brilha com tudo.
- () Professor: Como assim brilha com tudo? Explique.
- () Aluno L: Tem três panos brancos, certo? Um a gente lavou com sabão, o outro com detergente e o outro com sabão em pó. E todos brilham.
- () Professor: Isso significa o que?
- () Aluno J: Que o pano branco é que brilha, independente do que é lava ele.
- () Professor: Será que é independente? Ou depende de algum outro fator? Assim... O branco por ser branco já brilha, isso que vocês afirmaram, não é? Mas será que tem algum outro fator que pode somar à cor e aumentar ou diminuir a intensidade do brilho?
- () Aluno L: Uai. Pode ser, né? Vamos continuar pensando...

Note que através da pergunta anterior “Será que é independente?”, ocorre uma mediação. Sabe-se de acordo com a literatura, que o sabão em pó, possui branqueadores ópticos. Estes são estruturas responsáveis pelo “branco mais branco” das roupas, como é apresentado nas propagandas comerciais, ou ainda, pela “lavagem mais branca” (AVALOS, 2008; OSÓRIO; OLIVEIRA, 2001; SARTORI; LORETO, 2009). Os branqueadores ópticos absorvem luz no comprimento de onda do ultravioleta, quantidade de energia esta, suficiente para que os elétrons π realizem transição eletrônica, e liberem luz no comprimento visível ao retornarem para o estado fundamental.

Figura 21 – Estrutura da molécula do branqueador óptico utilizado em sabões em pó – CBS-L.



Fonte: Chemskech.

A mediação objetivou que os alunos compreendessem que a cor branca ou o “brilho” – como eles se referem – é um fator cumulativo da cor branca do tecido, que reflete todos os comprimentos de onda visíveis, juntamente com o efeito provocado devido à utilização dos branqueadores ópticos CBS-L presentes no sabão em pó.

De acordo com Vigotski, e já apresentado em capítulo anterior, faço aqui um breve resgate do conceito de mediação para o autor: mediação é o processo de intervenção de um elemento intermediário (instrumento ou signo) em uma relação que deixa de ser direta e passa a ser mediada por tal elemento (VIGOTSKI, 2007).

O trecho que se segue, como continuação da transcrição das falas anteriores, apresenta o movimento realizado para a compreensão dos fatores múltiplos que colaboram para o brilho das roupas brancas durante a exposição à lâmpada de luz negra:

- () Aluno J: Como assim independente?
- () Professor: O brilho apresentado pelo pano não depende do material que é utilizado na lavagem? O brilho é igual nos três tecidos?
- () Aluno J: Não. O brilho é diferente.
- () Professor: Qual brilha mais?
- () Aluno L: O que a gente lavou com sabão em pó.
- () Professor: E então?
- () Aluno J: Entendi. O sabão em pó faz o branco brilhar mais ainda, né, professor?
- () Professor: Isso. Isso mesmo. Ele absorve qual energia? Qual comprimento de luz?
- () Aluno L: Aqui (referindo-se ao laboratório) ele está absorvendo no comprimento de ultravioleta.
- () Professor: Exatamente. E libera em qual?
- () Aluno L: **No visível. Por isso que a gente vê mais branco, né? É uma soma...**
- () Professor: Isso meninas. Tudo bem?
- () Aluno J: Tudo.
- () Aluno L: Tudo.

A ação operacionada pelos alunos, apresenta o objetivo de identificar os fatores que tornam os tecidos brancos fluorescentes e talvez alguns poucos pontos brilhantes nos tecidos coloridos. Sendo assim, a mediação continua:

- () Professor: Agora que vocês entenderam essa parte, vocês podem explicar o porquê os tecidos coloridos apresentarem somente alguns poucos pontinhos brilhantes?
- () Aluno L: O tecido é colorido, né?
- () Professor: Sim.
- () Aluno L: Então ele não absorve todas as cores. Absorve todas menos a cor que ele brilha.
- () Professor: Sim. E o que são os pontinhos brilhantes?
- () Aluno J: Só pode ser alguma coisa do sabão em pó.
- () Professor: Como alguma coisa?
- () Aluno L: Talvez não enxaguou direito. Um restinho de sabão (risos).
- () Professor: Ou então alguma coisa que o sabão em pó deixa na roupa, certo?
- () Alunos: Sim.
- () Professor: Vamos identificar através do rótulo do sabão (...).
- () Aluno L: Tem aqui, ó... (lendo o rótulo) Branqueador óptico... (...)
- () Professor: Exatamente, meninas! Exatamente!

Da mesma forma que o diálogo apresentado e discutido pelo grupo anterior, confirma-se que a experimentação investigativa pode fornecer subsídios para se entender

indícios de aprendizagem a partir da Teoria da Atividade, ao se considerar entidades e elementos estruturantes como: operações, ação, atividade e motivo.

Grupo 5

As **ações** realizadas pelo grupo para a concretização da atividade (aprendizagem dos conceitos científicos de fluorescência e fosforescência como tipos de luminescência) foram praticamente as mesmas das que estão descritas nos relatos dos grupos anteriores, por isso não serão discutidas aqui, com algumas exceções: uma das hipóteses características deste grupo, é que apenas o sabão em pó sólido fluoresce. Uma solução de sabão em pó com água não iria fluorescer, de acordo com o grupo. A hipótese deveria ser testada através da seguinte ação: “preparar uma solução de água e sabão em pó e observar se há emissão de luz visível a partir da absorção de luz no comprimento UV”. Outra hipótese levantada é que é a glicose que faz o refrigerante brilhar.

Os alunos **testaram as hipóteses** misturando sabão em pó com água e manipulando, posteriormente, refrigerantes sem teor de açúcar (classificados como “zero”). Os ensaios foram suficientes para **refutar** as duas hipóteses, já que a solução de água com sabão em pó brilhou da mesma maneira que o sabão em pó puro e sólido; assim como o “refrigerante zero” brilhou semelhantemente ao refrigerante convencional.

A análise do diálogo transcrito abaixo apresenta o levantamento e teste de outra hipótese:

- () Aluno A: Professor, eu to achando que o refri tá brilhando porque ele é transparente.
- () Professor: Como podemos ter certeza?
- () Aluno A: Tem que ver com um refrigerante colorido se ele brilha também.
- () Aluno B: Ô professor... Eu acho que é a glicose que faz brilhar.
- () Professor: Por que?
- () Aluno B: Uai, a água não tem glicose e não brilha. A folha da árvore tem glicose e brilha.
- () Professor: Vamos ter que testar.
- () Aluno A: Calma vamos ver primeiro se é porque é transparente. Um de cada vez. (...)
- () Professor: Aqui, consegui uma Coca e uma Fanta pra vocês. (...)
- () Aluno A: Ih, a Coca não brilhou. (...) E nem a Fanta (...)
- () Professor: E então?
- () Aluno A: Então acho que é isso mesmo. Só o refrigerante transparente que brilha.
- () Professor: Mas quem falou que isso é refrigerante?
- () Aluno A: Uai, professor. O barulho que fez pra abrir a latinha, tem gás, tá gelado, o cheiro...
- () Professor: Vamos ver com Sprite ou Soda. (...) Brilha?
- () Aluno B: Não.
- () Aluno A: Não.

- () Professor: E?
- () Aluno A: (risada) Não é possível! Não é a cor! Que bruxaria é essa (risos)?
- () Professor: E você, aluno B? Acha que é o que?
- () Aluno B: Uai, a glicose, mas...
- () Professor: Mas? Não é? Pense...
- () Aluno B: Não...
- () Aluno A: Não...
- () Professor: Por que?
- () Aluno B: Se fosse a glicose, os outros refri ia brilhar também, né?
- () Professor: Sim.
- () Aluno A: Então o que é isso?
- () Professor: Pode tirar o adesivo da latinha. (...)
- () Aluno A: É água tônica!
- () Aluno B: Nossa! Eu nem pensei que era isso.

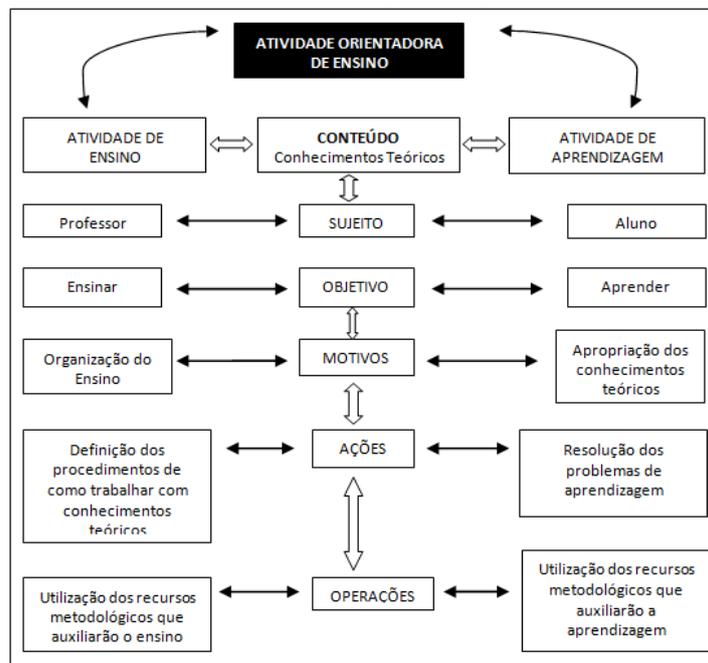
A partir da análise do diálogo transcrito acima, identifica-se o movimento de mobilização de funções mentais, ou seja, aumentar a atenção de modo que o significado objetivo da atividade encontra-se com o sentido subjetivo (MOREIRA; PEDROSA; PONTELO, 2011), indicando uma atividade educativa, pois podemos afirmar que os alunos coordenaram ações e operações a fim de atingir o objetivo proposto, que é a identificação de substâncias que tornam o material luminescente.

Considera-se como **operações**, as **ações** menores realizadas pelos alunos, como abrir a latinha de alumínio, despejar em um béquer, acender a lâmpada de luz negra, colocar o béquer contendo água tônica dentro da caixa negra e observar. Tais **operações coordenaram-se em nível da ação maior**, que era testar a luminescência da água tônica (que até então não havia sido revelada para os alunos). O **objeto** da ação era a “água tônica”, e o **objetivo** era a identificação de elementos que tornam o objeto luminescente. Esses são elementos estruturantes da atividade maior (LEONTIEV, 1978a): “aprender conteúdos de fluorescência e fosforescência enquanto tipos de luminescência”.

De acordo com os testes realizados, confirmando ou refutando (neste caso) as hipóteses levantadas através da execução do planejamento previamente realizado, podemos dizer que houve atividade de aprendizagem por parte dos alunos e atividade de aprendizagem por parte do professor, tendo em vista a mobilização de ações e operações que se dirigiram a favor da concretização dos objetivos propostos: ensinar, para o professor; aprender, para o aluno. Ambos os pares compartilharam os mesmos objetivos, porém com algumas diferenças estruturais como apontado por Moura (2010), semelhantemente ao esquema abaixo, em que alunos desenvolvem atividade de

aprendizagem a partir da resolução de problemas de aprendizagem e, professor, atividade de ensino a partir da organização do ensino.

Figura 22 – Atividade Orientadora de Ensino: relação entre atividade de ensino e atividade de aprendizagem.



Fonte: MOURA et al (2010, p. 98).

O trabalho do professor está em fazer com que o aluno sinta necessidade de se apropriar dos conceitos, que ocorrerá a partir da execução da atividade de aprendizagem através da realização de suas ações e operações: definição dos procedimentos de como trabalhar com conhecimentos teóricos utilizando recursos metodológicos auxiliares para o ensino e, resolução dos problemas de aprendizagem utilizando recursos que auxiliem na aprendizagem, por vez, como apresentado na figura acima (MOREIRA; PEDROSA; PONTELO, 2011).

Neste e nos relatos dos outros grupos acima, a atividade aconteceu após a manifestação de uma necessidade, que foi expressa através do desejo de encontrar um objeto que a satisfizesse, em outras palavras, a atividade experimental investigativa e os outros episódios do minicurso aconteceram a partir do momento que os alunos desejaram entender o fenômeno da luminescência, que explica o brilho dos materiais expostos à radiação ultravioleta.

A análise apresentada até o momento foi realizada a partir da reflexão feita sobre a transcrição da vídeo gravação dos encontros e sobre o diário de campo do pesquisador.

O objetivo da referida análise foi interpretar como se deu a inserção dos alunos na atividade de aprendizagem a partir da resolução de problemas e engajamento em um processo de busca por algum objeto que satisfizesse a necessidade de aprendizagem. Como apresentado por Leontiev (1978a, 1978b, 1985), Asbahr (2005), Garnier et al (1996) e Davydov (1982 apud RUBSTOV, 1996), o objeto da aprendizagem é o conhecimento científico ou teórico, capaz de desenvolver as funções psíquicas superiores através do ensino, constituindo-se, ao mesmo tempo, como necessidade na atividade de aprendizagem. Como afirmado anteriormente, deve-se entender necessidade como o desejo pela busca de um objeto que a satisfaça. Podemos afirmar que, de acordo com os dados discutidos, houve compartilhamento entre as atividades de alunos e professor porque os pares apropriaram-se de conhecimentos teóricos, que se constituiu e coincidiu como necessidade, gerando um motivo que orientou e regulou a estrutura da atividade ao permitir a obtenção do objeto a partir do pensamento.

A linguagem é o instrumento de excelência para realizar o desenvolvimento das atividades, pois se constitui simultaneamente como veículo para comunicação e instrumento para a produção do conhecimento formal, materializado na produção de textos orais e escritos. Sendo assim, consideramos que a tipo de linguagem pode aumentar as possibilidades de desenvolvimento de pensamento teórico das funções mentais superiores (VIGOTSKI, 2005; DUARTE, 2004). O pensamento metacognitivo, isto é, o pensar sobre o pensar, ou seja, o aprender e pensar sobre como se age em determinados processos resolutivos, controlando as formas de ação para apropriação do objeto e resolução dos problemas de aprendizagem, deve fazer parte da atividade de ensino do professor. Em suma, o objetivo da atividade de aprendizagem na escola, promovida pelo professor, deve ser o desenvolvimento da habilidade de aprender a aprender (LIBÂNEO; FREITAS, 2010). Portanto, é nesse sentido que a análise da quinta aula será feita abaixo.

8.3.5 Aula 5

O quinto encontro objetivou a socialização, entre os grupos, das atividades planejadas e realizadas na aula em que ocorreu a experimentação de caráter investigativo, além da formalização dos conhecimentos de Química abordados durante o episódio, tais como “luminescência”, “fluorescência”, “fosforescência”, “transição eletrônica”, “estado

excitado”, “estado fundamental”, “fótons”, “relaxação” e “níveis energéticos”. No quinto encontro, houve, também, um momento de construção individual de um relato final que abordasse o máximo de informações possíveis desde o início do episódio, para que posteriormente fosse possível fazer inferências a partir dos indícios de aprendizagem e da incorporação de novas palavras ao vocabulário científico, assim como, aquisição e ampliação da linguagem química através das representações realizadas por meio de desenhos ou esquemas simbólicos. A construção de tal relatório é apresentada mais à frente.

Antes do início da aula identifiquei que os alunos já estavam comentando entre si o que haviam compreendido, como “o que brilhava”, ou “o que não brilhava”, o que fazia determinados objetos fluorescerem e qual a relação com alguns testes realizados: “nós lavamos um tanto de paninho”, “a gente esquentou a água tônica ali pra tirar o gás porque a gente achou que era o gás que brilhava”.

A aula teve início quando o professor inicia o questionamento perguntando a todos os alunos o que brilhava e porquê brilhava. A discussão foi mediada e logo pediu aos alunos do grupo 1 que fossem até a lousa e explicassem o planejamento, o procedimento executado e as aprendizagens realizadas na aula anterior. A justificativa dessa dinâmica de aula é que, para Vigotski, a apropriação dos conhecimentos produzidos se dá do interpsíquico (social) para o intrapsíquico (individual), sendo mediada culturalmente, através da linguagem, por exemplo, contribuindo para o desenvolvimento cognitivo dos sujeitos. **Em continuidade, Leontiev afirma que a forma como os sujeitos assumem o motivo e organizam suas ações, individuais, para objetivos específicos, determina a direção que a atividade tomará, coletivamente.**

Acompanhe trechos do relato dos grupos e observe como ocorreu a mediação:

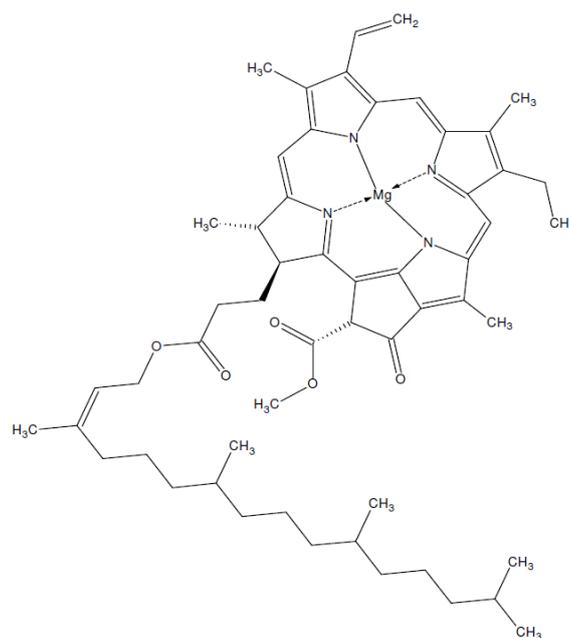
- () Professor: E então, meninos? O que vocês perceberam logo de início?
- () Aluno G: Então... Assim... A primeira coisa que a gente viu que brilhava era a folha da árvore.
- () Professor: Como ela brilhava?
- () Aluno N: Dentro da caixa, a gente viu que ela brilhava rosa claro. Depois a gente fez um caldinho dela com álcool pra ver se o caldinho brilhava.
- () Professor: E por que com álcool?
- () Aluno N: Por causa do outro minicurso. A gente viu que solvente orgânico era melhor, lembra? Então... Daí o caldinho brilhou vermelho bem forte, igual sangue. A gente até pensou que o sangue podia brilhar também. E a gente achou que era esse tipo de planta que brilhava. (...) Aí a gente foi lá no jardim e pegou mais um tanto de folha de um tanto de tipo de árvore, né? Fez a mesma coisa, o caldinho, e todas brilhavam.
- () Professor: E o que vocês descobriram com isso, então?

- () Aluno G: Que não depende do tipo de árvore. Toda folha brilhou.
- () Professor: E toda folha é?
- () Aluno G: Verde.
- () Professor: O que tem em todas as folhas verdes?
- () Aluno N: Clorofila.
- () Professor: E então?
- () Aluno N: Aí a gente descobriu que o que brilha é a clorofila.

No trecho transcrito acima, a mediação realizada objetivou que os alunos compreendessem que o “caldinho verde” ao qual eles se referiam, tratava-se de clorofila, presente em todas as folhas verdes. Os questionamentos do professor foram realizados objetivando que o grupo de alunos socializassem com os outros alunos participantes do minicurso quais foram os procedimentos realizados por eles com a intenção de identificarem o que fazia as folhas brilharem, ou fluorescerem na luz negra. A ideia que o aluno teve de que apenas a espécie de planta fornecida pelo pesquisador era fluorescente, fez com que, coletivamente, planejassem a próxima ação, a qual outro estudante do grupo deveria percorrer pela universidade até encontrar outra espécie de planta e colher alguns ramos e folhas e levar ao laboratório para um novo teste. O planejamento coletivo disparou ações individuais.

O professor assumiu a fala nesse momento e formalizou para os alunos que a clorofila é uma espécie absorvente e possui em sua estrutura um grande número de insaturações, o que permite intensa emissão luminosa na faixa de 700 a 730nm, devido a presença de elétrons *pi*, que são facilmente excitados. Abaixo, após a fala do professor, encontra-se a fórmula estrutural da molécula de clorofila:

() Professor: Quando observamos a mistura de folhas maceradas com álcool, ou seja, sabemos que existe grande quantidade de clorofila, que se apresenta em uma coloração esverdeada. Quando colocamos o líquido que foi filtrado, a solução, perto da lâmpada que emite luz ultravioleta, ela passou e emitir uma luz que era da cor vermelho sangue. Certo? (...) Isso ocorreu porque a clorofila absorve quantidade suficiente de energia para que os elétrons *pi* façam o salto quântico. Os elétrons vão para o estado excitado, que é? Instável! Quando eles retornam para o estado fundamental, o excesso de energia é liberado na forma de luz vermelha, com comprimento de onda perto de 700 a 730 nanômetros.

Figura 23 – Estrutura da molécula de clorofila.

Fonte: Chemskech.

Foi discutido com os alunos, também, como se deu o levantamento e teste de hipóteses. O grupo de alunos considerou que apenas aquele tipo de planta fluorescia sob lâmpada de luz negra porque todas as folhas fornecidas eram de um mesmo tipo, portanto, consideraram que era um tipo especial de plantas. A hipótese considerada é válida e a proposta de experimentar a fluorescência com outros tipos de plantas revela como se deu o direcionamento da atividade, que para o grupo em discussão revelou-se atividade de aprendizagem, uma vez que as ações visaram objetivos na mesma direção, terminando com a apropriação do conhecimento. Através da mediação de instrumentos e signos, tais como a experimentação investigativa e a linguagem utilizada pelo professor e por outros pares, houve reconstrução de conceitos a partir da refutação da hipótese considerada pelos alunos, que identificaram que a substância responsável pela luminescência nas folhas de plantas é a fotossíntese – presente em todas as folhas verdes. Esta, por sua vez, apresenta potencialidade de luminescência por possuir vários ciclos saturados. A análise dos questionários revela indícios de aprendizagem desde o momento do planejamento, que precede a execução do procedimento experimental.

A formalização ocorreu com falas dirigidas a todos os alunos participantes a partir do diálogo travado entre professor e alunos do grupo em questão. Depois da formalização pedi que outro grupo fosse à frente da sala para contar aos outros alunos quais os procedimentos adotados para executar o teste das hipóteses levantadas.

- () Professor: (...) Meninos, e vocês? Qual foi a primeira coisa que observaram? Conte pra sala.
- () Aluno D: A gente ficou curioso com a água tônica, porque no começo a gente pensou que era refrigerante, né? Daí... Daí a gente pensou um tanto de coisa. Pensamo que era o gás que fazia brilhar.
- () Professor: E o que fizeram pra continuar?
- () Aluno D: A gente falou que tinha que tirar o gás pra ver se o refrigerante sem gás brilhava. Se quando tirasse o gás acabasse o brilho ou ele diminuísse, é porque era o gás mesmo.
- () Professor: E como vocês tiraram o gás.
- () Aluno D: A gente pensou que ia ter que ficar chacoalhando, né? Mas daí lembra que a gente conversou que não ia tirar tudo? Daí o senhor falou lá da solubilidade, né?
- () Professor: O que tem a solubilidade?
- () Aluno D Que pros gases é ao contrário. Quanto maior a temperatura, a solubilidade diminui.
- () Professor: Sim. E aí o que vocês fizeram?
- () Aluno D: Daí a gente colocou lá na chapinha junto com aquele peixinho lá, que ajudava a tirar o gás com o movimento.
- () Professor: Sim, com a agitação. Sala... Deu pra entender?
- () Alunos: Sim.

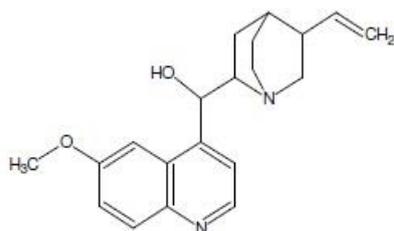
Neste momento há uma pausa para discussão do conceito de solubilidade, que não considero necessária para ser posta aqui, uma vez que o principal conteúdo de Química trabalhado neste episódio é a luminescência, além do que o conteúdo de solubilidade foi discutido através da experimentação presente no minicurso anterior: “Extração por arraste a vapor”.

Mais uma vez, resalto como característica positiva da experimentação de caráter investigativo a possibilidade de se trabalhar vários conceitos de Química já que não há roteiro procedimental estabelecido para se chegar a resultados pré-determinados. A liberdade do planejamento, levantamento de hipóteses e execução das atividades possibilita o surgimento de situações dos mais diversos tipos, que envolvam conceitos científicos diferentes. Neste sentido, deve-se tomar cuidado, por parte do professor, de que haja domínio dos conteúdos para não haver frustração por parte dos alunos ou ainda um ensino incoerente ou trivial, contribuindo para fragilização da atividade. Volto agora para a continuação da discussão realizada com o segundo grupo de alunos:

- () Professor: Vocês conseguiram eliminar o gás da água tônica? E aí?
- () Aluno D: Sim... Daí a gente viu que ainda brilhava do mesmo jeito. Então pensamos que era o refrigerante de limão.
- () Professor: E pra testar isso agora?

- () Aluno D: Nós pegamos um Sprite e água com gás... Também... Pra ter certeza. Mas nem a Sprite e nem a água com gás brilharam.
- () Professor: O que vocês descobriram nessa hora?
- () Aluno D: Daí a gente desconfiou que não era refrigerante e que não era o gás que fazia brilhar. Daí o senhor falou que era pra abrir o rótulo né? E a gente viu que é água tônica. Mas a gente não sabia o que era. Daí o professor mandou a gente ler o rótulo e a gente viu que era escrito... É... Água tônica de quinino.
- () Professor: E aí?
- () Aluno D: Nós fomos pesquisar o que era quinino, e o aluno R viu que ele é retirado da casca de uma planta e possui propriedades... É... Mediciniais. Que descobriu com um soldado na guerra lá... Sem querer, né?
- () Professor: Sim. Foi uma descoberta acidental. E ela é utilizada hoje pra que?
- () Aluno D: Geralmente pra quando passa mal do fígado, né? Pra curar ressaca e tal... Mas antes era pra curar malária. Hoje não é mais porque diminuiu a quantidade e vende como um refrigerante comum só que é amargo.
- () Professor: E vocês descobriram então que era o tal quinino que fazia fluorescer, certo? Então é exatamente isso. O quinino é fluorescente quando recebe radiação ultra violeta porque sua estrutura favorece a absorção de quantidade de energia suficiente para que os elétrons pi realizem o salto? Quântico. Ou transição eletrônica. Só que o estado excitado não é estável, certo? Então os elétrons vão retornar ao estado fundamental. Durante o retorno, o excesso de energia é liberado na forma de energia luminosa visível, o que chamamos de fluorescência, porque quando cessamos o fornecimento da radiação, imediatamente a espécie para de emitir luz. Qual a cor que a água tônica brilhou?
- () Aluno R: Azul bem forte.
- () Professor: Então vocês conseguem dizer em qual comprimento de onda?
- () Aluno R: Deixa eu ver aqui no espectro... Por volta de 470 nanômetros, né?
- () Professor: Sim. Vejam a estrutura do quinino.

Figura 24 – Estrutura da molécula de quinino.



Fonte: Chems sketch.

Foi discutido com os alunos o levantamento de outras hipóteses também, como o motivo das folhas de plantas brilharem, assim como sabão em pó, mas para fins didáticos ressaltou que essa discussão será realizada a partir de outros grupos que também consideraram-na.

As ações que este grupo realizou para atingir os objetivos e concretizar a atividade, que experimentalmente, tratava-se de entender a fluorescência da água tônica, foram

coordenadas a partir de ações menores e inconscientes, denominadas assim por Leontiev. Tais ações foram a abertura da lata, a transferência do líquido para um béquer, a agitação, o aquecimento. Para aprofundar a análise a fim de manter organização, podemos entender que abrir a latinha do refrigerante, despejar o conteúdo em um béquer, acender a lâmpada de luz negra ou ainda colocar o béquer dentro da caixa negra, entre outras, são consideradas operações e são inconscientes porque não recebem atenção especial durante a realização, elas acontecem de maneira mecânica. Por sua vez, as ações podem ser entendidas como os testes realizados para verificar as hipóteses: tirar o gás do refrigerante ou ainda observar o comportamento do refrigerante de limão e da água com gás sob a lâmpada de luz negra. A atividade consistiu, como um todo, no procedimento experimental que visava entender a fluorescência da água tônica. O modo como as ações foram concebidas indicam que os alunos motivaram-se na atividade para aprenderem os conteúdos gerando novas necessidades a serem satisfeitas a cada hipótese que foi refutada. Um exemplo, é quando os alunos dizem que é o gás que provoca a fluorescência. Após a retirada do mesmo, os alunos percebem que a substância permanece fluorescente. Assim afirmo que houve enculturação e compartilhamento de objetivos entre os pares, favorecendo que a atividade não fosse alienada e nem alienante (LEONTIEV, 1978a; DUARTE, 2002).

A socialização das informações deste grupo e formalização do conteúdo objetivou o ensino e explicação do fenômeno da fluorescência a partir da água tônica de quinino. O grupo realizou o teste de outras hipóteses tais como sabão em pó e folhas de árvores, e serão discutidas durante a apresentação dos relatórios. O próximo grupo foi à frente da sala para apresentação dos resultados e reflexões realizadas.

- () Professor: Meninas, e vocês? O que vocês pensaram?
- () Aluno K: Professor o nosso foi o da mistura lembra?
- () Professor: Sim. É verdade, então contem pra sala o que vocês pensaram.
- () Aluno K: Primeiro a gente viu que a folha de árvore com álcool brilhava. Sem luz negra a mistura tem cor verde, que é da clorofila. Quando recebe luz negra, fica vermelho, da cor de sangue. Depois nós observamos que o sabão em pó também brilhava. Ele era azul, mas quando a gente misturou na água e colocou perto da lâmpada, ele brilhou mais azul ainda, da fluorescência, né? Parecia até com a água tônica... A cor.
- () Professor: E aí?
- () Aluno T: Daí a gente não sabia o que é que fazia brilhar. Mas a gente pensou que se misturasse o vermelho com o azul ia ficar roxo.
- () Professor: Explica melhor pros outros alunos, por favor.
- () Aluno T: Assim. Tinha a mistura de clorofila com álcool que estava brilhando vermelho, né? E a mistura de sabão em pó com água brilhava azul. A gente pensou que

se misturasse o caldinho de clorofila e álcool com a mistura de sabão em pó e água, iria ficar roxo, porque a gente estava misturando um líquido vermelho com um líquido azul. E azul mais vermelho dá roxo. E o professor falou que a gente podia misturar.

() Professor: E quando vocês misturaram o que aconteceu?

() Aluno T: Deu errado!

() Professor: Por que deu errado? Não misturou? Explodiu?

() Aluno T: Não... Misturou, mas é que não ficou roxo. Começou a brilhar verde. Ver-de! (risos dos outros alunos)

A atividade deste grupo de alunos foi concretizada a partir de ações que revelaram uma realidade diferente da que eles estavam esperando, de forma que houve certo espanto, por parte dos alunos, quando perceberam que a nova mistura não emitiu luz da cor que esperavam: roxa. Diferentemente dos outros grupos, este, particularmente, apresentou um grau de certeza em relação à hipótese levantada. A análise da frase dita pelo aluno T: “Deu errado!”, revela que os alunos esperavam que devessem chegar a um lugar comum daquele pré-estabelecido pelo professor, mas este não existia, uma vez que a experimentação investigativa considera o inesperado e não impõe um resultado pré-estabelecido. A hipótese dos alunos foi frustrada por expectativas deles próprios, enquanto que o professor não havia determinado um lugar a se chegar ou um resultado pré-determinado a ser apresentado, indicando que os alunos não estão acostumados com atividades do tipo investigativa.

Através de mediação, o professor conseguiu que as alunas respondessem que houve uma reação química entre as misturas: “então é porque mudou a estrutura, né, professor?”. Este realmente é um dos motivos pelos quais a nova mistura não emitiu luz roxa e sim, verde. Mas o principal deles é que a lei da mistura de cores é válida para tintas e, neste caso, os alunos estavam misturando luzes e de maneira indireta, porque, quando expostos à radiação ultravioleta das lâmpadas de luz negra, a clorofila emite luz no comprimento de onda que enxergamos como vermelho, o sabão em pó, no azul, mas as cores emitidas quando recebem luz branca são verde e azul, respectivamente. E a mistura de verde e azul não é roxo. Houve uma confusão por parte dos alunos quanto à regra de mistura de tintas e luzes.

Os ensaios realizados por este grupo de alunos específicos demonstram como o professor que irá dirigir a atividade deve conhecer os conteúdos específicos, relacionados à atividade, assim como imaginar quais hipóteses serão levantadas pelos alunos. O professor deve estar preparado para conduzir a atividade com mediação com o conhecimento científico, respondendo às dúvidas que possam surgir durante o processo;

e o mais importante: consiga enfrentar e apresentar saídas de situações imprevistas (SILVA et al, 2010).

E por fim, o quarto grupo de alunos apresentou os resultados obtidos e a confirmação ou refutação das hipóteses levantadas:

() Aluno J: Bom, primeiro a gente pegou os pedaços de pano e percebeu primeiro que só os brancos que brilhavam. Daí a gente achou que só pano branco que brilha. Pano de um tanto de tecido. Tinha algodão, de lycra, de cambraia, e tinha os coloridos também. Quando a gente olhou bem de pertinho, depois, a gente viu que alguns panos coloridos brilhavam um pouquinho, mas não o pano inteiro, sabe? Só umas bolinhas nos panos.

() Professor: Então qual foi a primeira hipótese de vocês?

() Aluno J: Que só pano branco brilha, mas a gente viu que não é. Daí depois... Depois a gente pegou o sabão em pó e viu que ele brilhava muito. E ele brilhava azul. E era a mesma cor que as roupas brancas ficavam. A gente observou o detergente e o sabão em barra também, mas eles não brilham. Então...

() Aluno L: Daí a gente falou que as roupas que brilham são lavadas com sabão em pó. Daí o professor falou que era pra gente lavar alguns pedaços de pano com sabão em pó e com os outros também.

() Professor: E o que vocês perceberam?

() Aluno L: Que os paninhos brancos que a gente lavou com sabão em barra e detergente brilhou também.

() Professor: E isso indica o que?

() Aluno J: Que não é só porque lavou com sabão em pó. Mas os paninhos que a gente lavou com sabão em pó ficou com essas bolinhas brilhantes azuis, sabe? Daí a gente pensou junto com o professor que é alguma coisa que tem no sabão em pó que ajuda a brilhar.

() Professor: Uma soma de fatores, né? Lembram da propaganda dos sabões em pó? Fala que o branco fica mais?

() Aluno J: Branco mais branco, não é? É... Daí a gente olhou o saquinho, lembra? E viu que no saquinho fala que é sabão em pó com branqueador óptico.

() Professor: E vocês pesquisaram o que é isso?

() Aluno L: Sim. É uma substância que coloca no sabão em pó e que ela faz o brilho do branco ficar mais forte quando sai no sol.

() Professor: Sala, vocês conseguem imaginar por quê?

() Aluno R: O sol tem raios ultravioletas, né, professor? Por isso.

() Professor: Muito bem. Por isso. Os raios ultravioletas do sol são absorvidos pelas moléculas do branqueador óptico e aí o que acontece?

() Aluno R: Salto quântico. Os elétrons.

() Professor: Exatamente. Vocês entendem, gente? Acontece a mesma coisa que acontece aqui dentro da caixa preta. Os elétrons absorvem energia dos raios do sol e mudam de nível energético, vão pra um mais externo que tem mais energia. Daí lá não é estável, está excitado, então os elétrons vão retornar, e quando retornam, devolvem o excesso de energia em tom azulado, que não fica muito forte porque a luz branca recebida é muito mais do que a de ultravioleta, então brilha um branco meio azulado, dando a impressão do que?

() Aluno J: De mais limpo.

() Aluno L: Mais branco.

() Professor: Sim. E qual o motivo mesmo?

- () Aluno J: Porque a estrutura do branqueador. A estrutura dele tem um tanto daqueles anéis lá, benzeno, sabe? Então tem uma dupla e uma simples e vai alternando.
- () Professor: E isso possibilita o que?
- () Aluno J: Os elétrons π . Eles vão saltar pra outro nível e quando voltam emite a energia na forma de luz visível.

A análise desta atividade permite afirmar que os alunos consideram que mais de um fator pode influenciar na luminescência, neste caso, fluorescência. Os tecidos brancos emitiram luz quando receberam radiação ultravioleta porque objetos brancos são aqueles que refletem todas as cores, não absorvem. E há um outro fator que soma à este, intensificando o brilho, que é a lavagem do tecido com sabão em pó, já que este produto possui uma substância denominada branqueador óptico e que fluoresce quando recebe radiação ultravioleta, intencionando aumentar o brilho branco dos tecidos.

O último grupo de alunos levantou duas hipóteses diferentes das já apresentadas e constatou uma afirmação feita no material didático preparado e entregue para os alunos, que serviu como recurso auxiliar. Observe o diálogo:

- () Aluno B: Uai, primeiro a gente pensou que o sabão em pó brilhava só em pó. Mas logo depois a gente misturou com água pra fazer algumas misturas e a gente viu que ele brilha em água também. Com água.
- () Professor: Essa foi a primeira hipótese de vocês. E a segunda?
- () Aluno A: A gente pensou que a glicose é que fazia o refrigerante brilhar.
- () Professor: Por que vocês pensaram isso?
- () Aluno B: A gente não tinha muita certeza, mas a gente pensou porque a água normal não brilha e ela não tem glicose, e também porque as folhas de árvore brilham e elas tem glicose.
- () Professor: E o que vocês fizeram pra confirmar que é verdadeiro ou falso?
- () Aluno A: A gente pediu Sprite pro grupo dos meninos e vimos que não brilhou. E Sprite tem glicose, tem açúcar, então se fosse assim mesmo ia ter que brilhar.
- () Aluno B: E teve o esmalte, também.
- () Professor: Como assim?
- () Aluno B: Nas primeiras aulas a gente viu que o fósforo é fluorescente, né? Que é ele que tem dentro das lâmpadas e faz brilhar também. Daí a gente pegou aquele esmalte que brilha na boate, sabe? E a gente foi ler o rótulo. Daí a gente viu que tem lá uma substância que tem fósforo. E é o fósforo que faz a base brilhar na luz negra.
- () Professor: E como é essa base?
- () Aluno A: Na luz normal ele é transparente, na luz negra fica meio roxo, meio azul... Mas a gente viu que quando sai no sol ele dá de querer ficar um pouquinho roxo, bem fraquinho.
- () Professor: E qual o motivo? Vocês sabem falar por que?
- () Aluno B: É igual o aluno R falou, né, professor?! Tem raio ultravioleta no sol, então ele pode fluorescer, mas como tem luz branca também, não fica muito forte.
- () Professor: Exatamente. Podem sentar, obrigado.

Após a finalização da socialização e formalização de alguns conteúdos, fiz um apanhado geral e rápido de quais foram os conteúdos aprendidos. A análise da fala dos alunos revela indícios de aprendizagem através de respostas corretas e incorporação de vocabulário científico utilizado em contextos coerentes. Essa análise será feita mais detalhadamente ao analisar os questionários respondidos e relatórios escritos pelos alunos, por ser mais rico em termo de dados.

8.3.6 Análise dos questionários:

Os questionários e relatórios consistiram-se como mais um tipo de instrumento de coleta de dados que permitiram inferir, também, sobre os indícios de aprendizagem e consequente ampliação dos níveis de desenvolvimento real e zona de desenvolvimento proximal, a partir do cruzamento de dados e evolução conceitual das respostas. Foram aplicados dois questionários. O primeiro buscava identificar o que os alunos conheciam sobre o fenômeno a ser estudado e o segundo, aplicado após as atividades experimentais, foram utilizados para identificar quais conhecimentos de Química foram apreendidos pelos alunos com base na análise das respostas.

Todas as questões dos questionários foram analisadas, mas apenas as mais representativas serão discutidas identificando como houve ampliação dos níveis de desenvolvimento real dos alunos, a partir da evolução das respostas.

A primeira pergunta do questionário 1 (P1Q1) era: “Quais modelos atômicos você conhece? Explique-os. Se necessário, desenhe.”. O objetivo dessa pergunta era identificar se os alunos já conheciam o modelo atômico de Bohr e se sim, quais as características que ele apresenta que permitem a explicação do fenômeno da luminescência.

Durante a segunda aula do episódio, foram discutidos os modelos atômicos de que se tem relato na literatura desde as primeiras ideias sobre a origem da matéria, expressas por filósofos da era anterior a Cristo, como Leucipo e Demócrito. Perpassando pela evolução social e cultural, discutimos, também, qual a falha encontrada em cada modelo para que um novo pudesse surgir explicando um novo fenômeno observado. É importante ressaltar que também foi realizada uma discussão sobre o significado do termo “modelo”, o que significam e qual a importância, utilizando o exemplo trivial de como escolhemos frutas e legumes em uma feira de hortifruti: cada um traz consigo, a partir de vivências e

experiências, qual é o modelo ideal de um melão próprio para consumo com base nas suas características exteriores. Portanto, compramos um melão a partir de sua cor, textura ou mesmo aparência da casca, pois não podemos abrir todos os melões para escolher qual comprar. Da mesma maneira acontece com os modelos, eles buscam explicar algo que não conhecemos ou não podemos ter certeza de como é. Os modelos atômicos buscam explicar as características de um átomo e suas partes constituintes, prótons, nêutrons e elétrons, bem como as forças atuantes e os movimentos presentes, porém não podemos enxergar o átomo ou afirmar com precisão como é tal objeto, por isso buscamos artefatos para representar, que são diferentes da realidade.

A partir da discussão realizada, considerando a evolução histórico-cultural dos modelos atômicos, a primeira questão do questionário 2 (P1Q2), pretendia identificar se o aluno aprendeu o que o modelo atômico de Bohr consegue explicar e qual fator, no modelo de Rutherford, é insuficiente para a explicação da luminescência: “Qual(is) a(s) principal(is) diferença(s) entre o modelo de Rutherford e o modelo de Bohr?”.

Serão apresentados aqui somente os trechos referentes ao objeto de estudo de interesse.

À primeira pergunta do questionário 1 (P1Q1), o aluno R responde (apêndice J):

“Rutherford: átomo possui grande espaço vazio. (...)

Bohr: orbitais, eletrosfera, aceito até hoje”.

A resposta indica que o aluno já estudou os modelos atômicos e, devido à apresentação ter vindo em sequência cronológica, podemos afirmar que o aluno conhece a evolução histórica, indicando que o modelo atômico proposto por Bohr é mais completo que o proposto por Rutherford e, de acordo com o aluno, é “aceito até hoje”. Isso aponta, também, para o fato de que o último modelo atômico conhecido pelo aluno é o de Bohr, acreditando ser ele o mais correto e último apresentado pela comunidade científica.

A resposta do aluno para a primeira pergunta do segundo questionário (apêndice M) é:

“O movimento dos elétrons.”.

Essa resposta é incompleta com base no conteúdo discutido nas aulas, mas em contrapartida, podemos afirmar que a resposta apresenta evolução conceitual quando comparada com a resposta dada à P1Q1, em que o aluno não cita sobre movimento de elétrons, e sim apenas sobre “orbitais” e “eletrosfera”. A resposta esperada está relacionada com os níveis energéticos quantizados e as transições.

Passemos à análise da resposta de outro aluno. O aluno K apresenta uma resposta incorreta à P1Q1:

“Átomos são pequenas partículas que são formadas por prótons, nêutrons e elétrons”.

A pergunta em questão não se tratava da definição de átomos, mas buscava identificar quais modelos atômicos eram conhecidos pelos alunos. Existem duas alternativas para se interpretar a resposta do aluno: a primeira significa que o aluno não compreendeu a pergunta; a segunda, e mais provável, é que o aluno não se recorda dos modelos atômicos estudados e por isso não os cita.

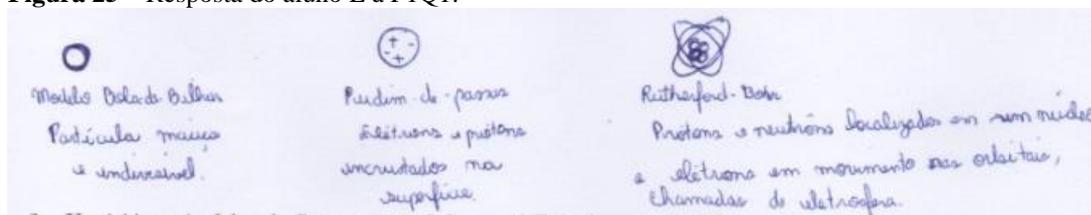
A partir das aulas realizadas e das observações feitas a partir das respostas aos questionários, afirmamos que o aluno K evoluiu conceitualmente com base na resposta dada à P1Q2:

“O modelo de Rutherford ele não sabia do movimento dos elétrons e não sabia que os elétrons e(stão ?) em forma quantizada e já no modelo de Bohr ele descobriu que os elétrons movimentavam saltos e que estavam na forma de pacotes, e que são constantes, no estado fundamental e no estado excitado”.

O aluno passa a utilizar palavras contextualizadas como “quantizada”, “saltos”, “estado fundamental” e “estado excitado” o que representa indício de aprendizagem. Passa a compreender, também, que o modelo atômico proposto por Bohr é o modelo capaz de explicar a transição eletrônica do estado fundamental para o estado excitado. Afirma também sobre os “pacotes” energéticos, que se refere à energia que não é contínua durante a eletrosfera. A energia é constante e diferente para cada nível de energia, chamada de quantizada.

A evolução conceitual do aluno L é outra resposta categórica. Para responder à P1Q1, o aluno fez o seguinte desenho com legenda:

Figura 25 – Resposta do aluno L à P1Q1.



Fonte: Do autor.

Além de apresentar um erro no segundo modelo desenhado, pois os elétrons e prótons não estão incrustados na superfície, o aluno não cita o nome do autor do referido modelo, que é Rutherford. Apesar do equívoco cometido, podemos afirmar que essa

resposta foi mais exata e correta quanto à pergunta do que às dos demais alunos. À P1Q2, o aluno apresenta a seguinte resposta:

“A principal diferença é que o modelo de Bohr explica a questão do movimento dos elétrons, dos saltos quânticos e o de Rutherford não era capaz de explicar porque os elétrons não eram atraídos pelo núcleo”.

O aluno faz referência correta a três conceitos: a principal diferença entre os modelos refere-se à movimentação dos elétrons; os elétrons movimentam-se nos níveis de energia a partir de transição eletrônica; o modelo de Rutherford é incapaz de explicar as forças que atuam sobre o átomo, impedindo que os elétrons sejam atraídos pelo núcleo.

Para a análise das respostas, consideramos apenas o material dos alunos que entregaram o questionário 1, o questionário 2 e o relatório. No total 11 alunos cumpriram o requisito de exclusão.

À primeira questão do primeiro (P1Q1) e do segundo questionário (P1Q2), 10 alunos apresentaram evolução conceitual, enquanto apenas um aluno não respondeu corretamente à P1Q2 após a execução das aulas.

A segunda pergunta do primeiro questionário (P2Q1) era: “Você já ouviu falar de fluorescência? O que é? E fosforescência? O que é?”. O objetivo dessa pergunta é identificar qual o nível de conhecimento dos alunos sobre o fenômeno da luminescência. Na própria pergunta já é possível perceber que fluorescência e fosforescência são fenômenos distintos, enquanto que no comércio, as palavras são tidas como sinônimos, na maioria das vezes. Note que a pergunta “o que é” permite que vários níveis de conhecimento possam ser expressados. Podem ser obtidas respostas que caracterizem os fenômenos a nível macroscópico, ou mesmo alguma tentativa de explicação química do fenômeno, a nível teórico ou simbólico.

Durante as aulas do episódio, a luminescência foi discutida de forma que ocupasse o foco do minicurso, entendendo porquê as blusas brancas “brilham” na balada. Caminhando no sentido que vai do macroscópico ao submicroscópico, ou seja, do fenomenológico ao teórico, pretendíamos que os alunos pudessem compreender, ao final do minicurso, a luminescência a partir do modelo atômico de Bohr.

Sendo assim, a segunda pergunta do segundo questionário (P2Q2) era: “Como explicar a fluorescência a partir do modelo de Bohr?”, objetivando a identificação das respostas que explicam o fenômeno a partir de um modelo, utilizando a representação ou o nível explicativo para discorrer sobre a pergunta.

A resposta do aluno G para P2Q1 foi:

“Fosforescência é quando colocamos um objeto à luz negra e ele contém fósforo, assim a luz negra o destaca ocorrendo uma fosforescência (brilho). Fluorescência é a luz que ilumina o ambiente. As lâmpadas são onde ocorrem”.

A resposta é considerada incorreta, pois o aluno relaciona que apenas objetos fosforosos são fosforescentes e, só o são sob luz negra. Além disso, a resposta indica que fluorescência é a lâmpada que ilumina um ambiente. A primeira relação é, provavelmente, por conta do radical do nome “fosforescência”, que é “fosfor”, remetendo ao elemento fósforo. A segunda relação indica, possivelmente, relação entre o fenômeno com o tipo de lâmpadas, fluorescente. A partir dos encontros realizados, o aluno dá a seguinte resposta à P2Q2:

“A fluorescência acontece de acordo com o movimento dos elétrons no átomo. Quando o elétron ganha energia ele dá um salto quântico para a próxima camada na eletrosfera do átomo, saindo do seu estado fundamental para o estado excitado. O estado excitado fica energeticamente desfavorável ao elétron, ou seja, ele ganha mais energia e vai para outra camada, mas precisa voltar para sua camada de origem, assim ele perde energia. Ao perder energia ele a libera em forma de luz, que são pacotes de fótons. (...)”.

Em primeiro lugar, percebemos que a resposta à P2Q2 é muito mais concreta do que a resposta dada à P2Q1, tanto em termos de linguagem como em termos de explicação química. É uma resposta correta que possivelmente indica aprendizagem do conceito de fluorescência a partir do modelo atômico proposto por Bohr, que insere os termos “salto quântico” e “níveis energéticos”, assim como “estado fundamental” e “estado excitado”.

A resposta de outro aluno à P2Q1 foi (aluno L):

“Sim, a fluorescência é um fenômeno causado pela emissão de fótons a partir de átomos de mercúrio. Não sei explicar a fosforescência”.

É provável que a relação entre fluorescência e átomos de mercúrio deve-se ao fato de o aluno conhecer a diferença entre os principais tipos de lâmpadas, de modo que a lâmpada fluorescente possui pequena quantidade de mercúrio em seu tubo de vidro, responsável por fornecer radiação ultravioleta para ser absorvida pelos átomos de fósforo, que por sua vez irão sofrer o fenômeno da luminescência emitindo luz branca. Ainda assim a resposta está incorreta, já que fluorescência não é causada apenas por “emissão de fótons a partir de átomos de mercúrio”. O aluno declara não saber explicar a fosforescência.

A partir das discussões realizadas durante o minicurso, abordando os tipos de lâmpada e o fenômeno a partir do modelo atômico proposto por Bohr, o aluno L responde à P2Q2:

“A radiação UV fornece energia aos átomos das superfícies onde acontece esse fenômeno e os elétrons saltam para outras camadas de maior energia. Ao voltarem para seu estado fundamental, já que é favorável estar em um menor nível energético, liberam luz”.

Agora, o aluno é capaz de compreender que os elétrons das substâncias consideradas como luminescentes, absorvem energia na forma de radiação emitida no comprimento de onda classificado como ultravioleta, e avançam para um nível energético mais externo (“saltam para outras camadas de maior energia”). Além disso, o aluno é capaz de compreender que esse novo nível é energeticamente desfavorável por possuir uma quantidade de energia maior que a do estado fundamental, sendo necessário retornar ao estado inicial. Durante esse retorno os elétrons “liberam luz”. A definição que o aluno L apresenta para luminescência é coerente com o modelo atômico proposto por Bohr, apesar de não citar que o fenômeno dura somente enquanto houver fornecimento de energia, sendo que quando a energia fornecida cessar, os elétrons retornam ao estado fundamental e param de emitir luz simultaneamente.

O aluno D apresenta uma evolução conceitual semelhante à do aluno L, sugerindo ampliação da Zona de Desenvolvimento Proximal a partir da mediação realizada pelo professor através da linguagem e com o auxílio de instrumentos como o material didático e a experimentação investigativa. A resposta do aluno D à P2Q1 foi:

“Fluorescência é quando na lâmpada não há presença de fósforo. Fosforescência é quando há presença de fósforo na lâmpada”.

O aluno também relaciona objetos fosforescentes como aqueles que contém o elemento fósforo em sua constituição e, ainda, exclusivamente na lâmpada. De modo excludente, os elementos fluorescentes são as lâmpadas que não possuem fósforo. Quando é pedido para relacionar o fenômeno da fluorescência com o modelo de Bohr, o aluno responde:

“Os elétrons mudam de camada, assim ficando excitados, e quando voltam ao seu estado fundamental geram a luminescência através dos fótons.”

É uma resposta simples e mais objetiva que a resposta do aluno G, por exemplo, mas contém elementos que permitem classificá-la como coerente: o novo nível energético é considerado como estado excitado e não é estável. Os elétrons, ao retornarem ao estado fundamental, “geram luminescência” através dos fótons emitidos na relaxação energética.

A resposta do aluno J à P2Q1 contém uma informação não citada ainda pelos outros alunos:

“Em ambas as situações, fluorescência e fosforescência, os objetos que contêm respectivamente flúor e fósforo na composição ficarão iluminados na ausência de luminosidade comum”.

Além da relação entre fosforescência e fósforo, o aluno também relaciona fluorescência com flúor. Acrescenta, também, que tais objetos ficaram iluminados somente “na ausência de luminosidade comum”. É uma resposta incorreta e, por isso,

insatisfatória, já que nem sempre os objetos fluorescentes contém flúor, da mesma maneira que nem sempre os objetos fosforescentes contém fósforo. Após as discussões, a resposta do aluno J à P2Q2 é:

“Os elétrons se excitam ao receberem energia luminosa e “pulam” para a camada seguinte. Como a tendência é os elétrons voltarem ao seu nível natural, eles retornam para a camada de origem, e ao fazerem isso, liberam energia em forma de luz”.

Um elemento interessante na análise da resposta do aluno J, é que o termo “pulam” aparece entre aspas, indicando que o aluno sabe que o verbo não é o mais indicado, por sugerir animismo, ou seja, personificação de entidades químicas. Pular é uma habilidade humana, que neste caso, está sendo atribuída aos elétrons com fins didáticos como sinônimo de “transição eletrônica”. Ao afirmar que “a tendência é os elétrons voltarem ao seu nível natural”, o aluno sugere que o estado excitado é energeticamente desfavorável, ou seja, é instável, o que representa uma informação correta. Os elétrons, ao retornarem para o estado fundamental, definido pelo aluno como “camada de origem”, “liberam energia em forma de luz”, o que permite classificar a resposta como correta.

À segunda questão do primeiro (P2Q1) e do segundo questionário (P2Q2), 10 alunos apresentaram evolução conceitual, enquanto apenas um aluno não revelou, através da resposta ao questionário, ampliação do Nível de Desenvolvimento Real ao se comparar com a resposta dada ao questionário 1, após a execução das aulas.

A terceira pergunta do primeiro questionário era (P3Q1): “Você conhece objetos fosforescentes? E fluorescentes? Quais?”. O objetivo da questão é identificar se os alunos são capazes de diferenciar, a nível macroscópico, a diferença entre os dois tipos de fenômenos: fluorescência e fosforescência, categorizando quais objetos sofrem determinados efeitos.

Durante a realização dos encontros discutimos a diferença entre os dois fenômenos citados, relacionando-os como tipos de luminescência. O início da discussão se deu com objetos concretos e manipuláveis, favorecendo a abordagem a partir do materialismo dialético, para que os alunos pudessem separá-los de acordo com as características semelhantes ou diferentes, objetivando a construção de dois blocos de materiais: em um, aqueles objetos que brilham somente enquanto há fornecimento de radiação (exemplos: jalecos e base-balada para unha); em outro, objetos que mesmo após cessar o fornecimento de energia, continuam emitindo luz (exemplos: chinelo e enfeite de quarto que brilham no escuro). Após essa discussão, a explicação passou para o nível teórico ou submicroscópico, explicando os fenômenos a partir dos conceitos explicados

pelo modelo atômico de Bohr (transição eletrônica, energia quantizada, estados fundamental e excitado, nível energético).

Sendo assim, a terceira pergunta do questionário dois (P3Q2) era: “Por que certos objetos como interruptores, rótulos de extintores, indicadores de saída de emergência, enfeite de quarto que brilha no escuro sofrem o efeito de fosforescência e não fluorescência?”.

As respostas dadas à pergunta, possivelmente, revelaram se os alunos compreenderam a diferença de aplicação dos fenômenos. Em certas situações concretas, é necessário que alguns objetos sejam fluorescentes, de modo que se forem fosforescentes podem ou causar prejuízos ou ser dispensável, da mesma forma que em outras situações alguns objetos devem ser fosforescentes, de modo que se forem fluorescentes podem não resolver o problema. É importante ressaltar que essa pergunta revela um cunho histórico-cultural de aplicação do fenômeno. A resposta satisfatória à questão deveria conter informações do tipo: os objetos citados devem emitir luz no escuro, ou seja, devem emitir luz mesmo quando não estão recebendo nenhuma radiação luminosa, portanto, é preciso que tais objetos sofram o efeito da fosforescência, caracterizado como aquele processo em que os objetos emitem luz mesmo após a interrupção do fornecimento de radiação luminosa. Diferentemente dos objetos fluorescentes que param de emitir luz quando não recebem radiação luminosa para excitar os elétrons constantemente, os objetos fosforescentes devolvem a energia absorvida aos poucos, é um processo mais lento que a fluorescência, portanto mesmo em ausência de luz os objetos continuam brilhando. Um interruptor de luz deve brilhar no escuro, mesmo quando não recebe radiação luminosa, para indicar o local, caso alguém precise acender a luz, o mesmo acontece com os enfeites que brilham no escuro e outros objetos citados na questão.

O aluno B respondeu à P3Q1 da seguinte maneira:

“Fosforescente: objetos que brilham no escuro como os cones que sinalizam o trânsito ou alguns interruptores. Fluorescente: objetos que brilham com a luz negra como roupas brancas ou até mesmo alguns objetos fluorescentes.”

De acordo com a resposta, o aluno é capaz de identificar diferença entre os dois tipos de fenômenos, classificando os fosforescentes como os que brilham no escuro; e os fluorescentes como os que brilham na luz negra. Há elementos que figuram uma resposta correta, mas são superficiais, já que os fluorescentes não precisam necessariamente da lâmpada de luz negra (radiação UV), mas sim de qualquer fonte luminosa, para que os elétrons possam absorver energia e mudar de nível energético. À P3Q2 o aluno responde:

“Fluorescência, necessita da luz negra. Já a fosforescência carrega com a luz do dia e libera esses fótons no escuro de uma forma mais lenta.”

A resposta acima não indica ampliação dos níveis de conhecimento propostos por Vigotski, a não ser com a incorporação da expressão “de uma forma mais lenta”. Mas a resposta é insuficiente para discutir o motivo de determinados objetos serem fosforescentes e não fluorescentes. Possivelmente, o aluno ainda não compreende a diferença cultural entre os fenômenos.

O aluno G diferencia objetos fluorescentes dos fosforescentes de modo que estes últimos “... contém fósforo...” enquanto aqueles são “... as lâmpadas”. Veja:

“Fluorescentes sim, como as lâmpadas. E fosforescentes também, como exemplo as tintas contém fósforo e são fosforescentes.”

A resposta indica que o aluno é capaz de diferenciar os dois tipos de fenômenos, apesar de que de uma maneira errônea. Representa conceitos científicos de modo que a definição apresentada é diferente daquela conhecida a partir da vivência cultural fora da escola, tendo em vista que na maioria das vezes o comércio apresenta as duas palavras como sinônimas. A partir do processo de enculturação, o aluno é capaz de modificar sua compreensão sobre o fenômeno porque a resposta à P3Q2 foi:

“Porque nós precisamos enxergar esses objetos e a fosforescência tem o processo de perda de energia mais lento que a fluorescência. Assim, o brilho dura por mais tempo.”

A resposta indica que o aluno compreende que a fosforescência é um processo mais lento que a fluorescência e como é necessário enxergar os objetos citados no escuro, eles devem emitir luz mesmo quando não estão recebendo radiação luminosa. O efeito do “brilho dura por mais tempo”. Há indícios de ampliação da aprendizagem.

Já o aluno J, cita que conhece objetos fosforescentes, mas não afirma nada a respeito dos fluorescentes. A resposta dada à P3Q1 foi:

“Objetos fosforescentes: folhas de papel, roupas e plásticos, todos contendo fósforo.”

Há um erro conceitual na resposta do aluno, que indica que todos os objetos fosforescentes contém fósforo. A relação foi feita pela maior parte dos alunos, e foi identificada não só através dessa questão, mas de outras também, já citadas nas análises anteriores. A partir das aulas do mini-curso e das discussões realizadas, o mesmo aluno compreende que os objetos citados na pergunta devem ser enxergados na ausência de luz, e responde à P3Q2:

“Porque é necessário que eles fiquem iluminados por mais tempo, para que sejam enxergados no escuro.”

A resposta aponta indício de aprendizagem da diferença macroscópica entre os fenômenos e compreensão das diferentes aplicações dos objetos.

O aluno K apresenta uma resposta descontextualizada ao se considerar que era pedido que fosse citados objetos fluorescentes e objetos fosforescentes, diferenciando-os. Veja a resposta à P3Q1:

“a lâmpada, papel, tubo colorido, lanterna.”

A resposta indica que o aluno considera objetos fluorescentes como sinônimo de objetos fosforescentes, tendo em vista que não há diferenciação ou categorização dos mesmos. À P3Q2, o mesmo aluno responde:

“Porque os objetos precisam brilhar pois não teriam fundamento não brilharem para que nós pudéssemos ver.”

Apesar de ser uma resposta escrita em uma norma diferente da norma científica ou mesmo da norma culta, é possível identificar que o aluno compreendeu que tais objetos devem brilhar no escuro, ou seja, emitir luz mesmo sem que radiação luminosa seja fornecida: “... não teriam fundamento não brilharem (no escuro) para que nós pudéssemos ver.”.

O aluno L cita em P3Q1 que conhece “... lâmpadas fluorescentes”. É provável que ele não consiga classificar nenhum objeto como fosforescente, apesar de saber que existe diferença entre eles, pois ele afirma que as lâmpadas são de determinado tipo:

“Conheço lâmpadas fluorescentes.”

Quando o aluno responde à P3Q2, há indicação de que tais objetos devam brilhar no escuro para que possamos enxergá-los, de tal forma eles devem continuar emitindo luz mesmo quando não recebem radiação energética:

“Porque a fosforescência não precisa do fornecimento de uma fonte energética constantemente. Ela é decorrente da dificuldade que os elétrons encontram para voltarem para o estado fundamental, assim ele vai liberando aos poucos a energia em forma de luz. Eles precisam ser fosforescentes por esse motivo, pela duração do fenômeno que deve ocorrer o tempo todo.”

Além disso, podemos classificar a resposta do aluno como uma resposta completa pois além da explicação fenomenológica e cultural, o aluno revela conceitos teóricos ao explicar, detalhadamente, o processo: “... dificuldade que os elétrons encontram para voltarem para o estado fundamental, assim ele vai liberando aos poucos a energia em forma de luz.”.

Das 11 respostas analisadas, 8 indicam ampliação do nível de desenvolvimento real a partir da incorporação do vocabulário científico utilizado em contextos corretos de forma coerente, ou ainda novas aprendizagens, contra 3, que não revelam indícios de aprendizagem.

A quarta pergunta do primeiro questionário (P4Q1) era: “Em um quarto com luz acesa existem alguns objetos: um enfeite de quarto que “brilha no escuro”, um triângulo de segurança de carro, interruptor de luz, uma placa de sinalização de trânsito, um colete de motoboy ou gari. Ao apagar a luz, qual(is) objeto(s) se destaca(m)? Por que?”. O objetivo da pergunta era identificar se os alunos conseguem classificar os objetos que “brilham” ou emitem luz de acordo com as duas diferentes nomenclaturas:

- a) Os fluorescentes: aqueles que emitem luz somente enquanto há fornecimento de algum tipo de radiação que é absorvida e suficiente para promover elétrons do estado fundamental para o nível excitado;
- b) Os fosforescentes: aqueles que continuam a emitir luz mesmo após a interrupção de fornecimento de energia na forma de luz, que é o caso dos “enfeites que brilham no escuro” e o interruptor de luz.

É importante ressaltar que quando os alunos responderam ao primeiro questionário, a discussão sobre os tipos de luminescência: fluorescência e fosforescência, ainda não havia sido feita entre os pares (alunos e professores), exatamente para identificar como os alunos compreendiam os termos e como se dava a categorização dos objetos nas duas classes nominais.

O aluno D respondeu que somente o enfeite que brilha no escuro e o interruptor se destacariam na escuridão: “O enfeite e o interruptor de luz.”, porém não apresenta a justificativa de sua resposta, o que, provavelmente, indica que ele sabe identificar quais são os objetos que emitem luz no escuro e quais não, mas sem compreender a explicação para o fenômeno.

O aluno N, por sua vez, responde: “O enfeite, interruptor de luz. Por que eles não dependem de luz para brilhar.”. O estudante apresenta uma resposta correta, porém a justificativa é errônea, sendo possível entender o que o aluno quer dizer. Ele não compreende que mesmo os objetos que “brilham no escuro” funcionam como uma bateria, e que para isso precisam ser “carregados”, ou seja, para emitirem luz, eles precisam, antes, receber algum tipo de radiação para armazenar a energia necessária para promover os elétrons para níveis mais energéticos. A resposta do aluno revela que ele compreende que objetos fosforescentes “brilham no escuro” em qualquer situação, o que não é verdade.

O aluno L, por sua vez, afirma que somente o interruptor se destacaria no escuro, pelo mesmo motivo que o aluno N apresentou: só esse objeto não depende de luz para brilhar, enquanto os outros só brilham na “presença de luz”: “O interruptor, os outros não

irão brilhar pois a “iluminação” deles ocorrem diante da presença de luz, como faróis, por exemplo.”. Não é possível afirmar qual motivo levou o aluno a não citar o enfeite que brilha no escuro como um dos objetos que se destacaria, já que o próprio nome do objeto revela seu fenômeno.

Semelhantemente, a resposta do aluno J, se enquadra nessa categoria: “Apenas o enfeite de quarto. Os demais objetos necessitam de luz para que se destaquem em meio à escuridão.”, porém a diferença entre as respostas do aluno L e do aluno J, refere-se somente ao objeto que possivelmente se destacaria no escuro.

A resposta do aluno A indica que ele não compreende a diferença e nem mesmo a categorização dos objetos de acordo com a proposta inicial, já que ele cita que todos os objetos de destacariam, e a justificativa apresentada é descontextualizada: “Todos, por causa da fosforescência.”.

Após as discussões realizadas durante a execução do episódio de ensino, que tinha como contextualização o brilho das roupas nas festas noturnas, os alunos responderam a outro questionário. E a pergunta que relacionava a questão discutida anteriormente com os encontros do minicurso, é: “Por que triângulos de emergência, placas de carro e de trânsito precisam sofrer o efeito da fluorescência?” (identificada como P4Q2). A pergunta objetivava identificar se os alunos eram capazes de explicar, quimicamente, o motivo pelo qual objetos de sinalização vertical de trânsito necessitam sofrer o efeito da fluorescência. A resposta esperada deveria conter elementos do tipo: “Tais objetos necessitam emitir luz somente durante a presença de automóveis nas vias de circulação, portanto somente quando os objetos recebem a luz vinda dos faróis dos carros, motos ou caminhões, elas “brilham”. Assim que os automóveis passam por eles, e eles deixam de receber a radiação luminosa, o brilho cessa automaticamente, pois é desnecessário que emitam luz durante um tempo prolongado”.

O aluno D explica, corretamente, que é necessário que o “sejam avistados” somente quando passar um carro, além de apresentar uma explicação química a nível microscópico, afirmando que os elétrons voltam rapidamente para o estado normal (fundamental), assim que a emissão de luz é “cortada”. Veja:

“Para que quando de noite passar um carro com o farol aceso eles sejam avistados. Não há necessidade deles brilharem o tempo todo. Quando cortada a emissão de luz, os elétrons voltam rapidamente para o estado normal. Ao contrário da fosforescência que os elétrons voltam vagarosamente.”.

É possível inferir que o aluno apreendeu a diferença entre as categorias de luminescência, além de ser capaz de apresentar a explicação química para o fenômeno, o que é muito importante, pois se trata de uma ciência muito abstrata, e como apontado na literatura e discutido anteriormente, é necessário que os alunos dominem os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico para garantir uma aprendizagem efetiva, de fato.

A explicação do aluno N, por vez, é superficial e não apresenta linguagem química, nem a nível teórico e nem a nível representacional. É uma resposta objetiva e curta: “Porque é desnecessário brilhar s/ a presença de luz.”

Em oposição a essa categoria de resposta, a do aluno L é um caso em que há explicação química de um dos tipos de fenômeno, no caso fluorescência, somada a uma explicação por tais objetos não brilharem “durante o dia (considerando a presença de luz) ou na ausência de veículos durante a noite.”: “Porque o fenômeno da fluorescência acaba assim que cessa o fornecimento de energia que no caso, vem dos faróis dos veículos, uma vez que não é necessário que esses objetos “brilhem” durante o dia ou na ausência de veículos durante a noite.”

As duas próximas respostas analisadas, dos alunos A e J, respectivamente, são semelhantes àquela fornecida pelo aluno N e enquadram-se na mesma categoria: a das explicações fenomenológicas. Aluno A: “Porque é desnecessário eles ficar brilhando sempre, é necessário mais só quando um carro passa (ou móto).”. Aluno J: “Porque é mais conveniente que os triângulos e as placas fiquem iluminados por um curto período de tempo, ou seja, quando a luz do faról dos carros incide sobre eles.”

Mesmo que ambas as respostas se apresentaram de maneira superficial e a nível macroscópico, somente, pode-se afirmar que houve ampliação do Nível de Desenvolvimento Real, ao comparar com as respostas dadas à P4Q1, em que foi categorizada como incompleta e incorreta, respectivamente, já que após a execução do episódio de ensino, os alunos foram capazes de compreender a diferença entre os tipos de luminescência assim como suas distintas aplicações.

Das 11 respostas analisadas, 10 indicam ampliação do nível de desenvolvimento real a partir da incorporação do vocabulário científico utilizado em contextos corretos de forma coerente, ou ainda novas aprendizagens, enquanto apenas um aluno não revelou indícios de aprendizagem ou ampliação dos níveis. Ao considerar que essa pergunta representa uma extensão da pergunta anterior, podemos ressaltar o crescimento no número de alunos que revelaram indícios de compreensão dos fenômenos estudados,

tendo em vista que na terceira pergunta, 72,7% dos alunos apresentaram melhora na aprendizagem, e agora, a taxa cresceu para 90,9%.

A quinta e última pergunta do primeiro questionário (P5Q1) era: “Como você acha que acontece a fluorescência no nível das partículas atômicas? Represente através de desenho.”. A pergunta objetivava completar a análise nos 3 níveis de conhecimento de acordo com Johnstone (2000): macroscópico, submicroscópico e simbólico. O aluno deveria desenhar o que ele imagina que acontece com as partículas (elétrons, no caso) durante o fenômeno.

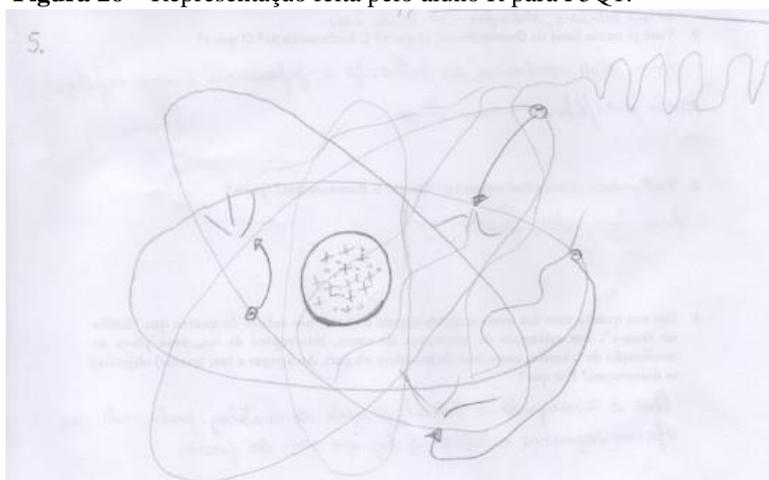
Os desenhos encontrados são apresentados abaixo:

Os alunos A, G e T não responderam à pergunta, deixando o espaço reservado para o desenho em branco. É possível inferir, tendo em vista que esta foi uma das únicas perguntas que apresentaram respostas em branco, que os alunos realmente não conseguiram propor uma explicação teórica ou representacional de como ocorre a luminescência.

O aluno D responde: “Através de ondas”, mas não faz o desenho pedido. É uma resposta que não é de toda incorreta, porém não apresenta o desenho e nem explicação química aprofundada para o fenômeno, caracterizando uma resposta descontextualizada.

O aluno R, por sua vez, responde: “Os elétrons saltam níveis de energia, e nesse ‘pula-pula’ acabam perdendo energia na forma de fótons, gerando luz.”, acompanhado do seguinte desenho, sem legenda:

Figura 26 – Representação feita pelo aluno R para P5Q1.



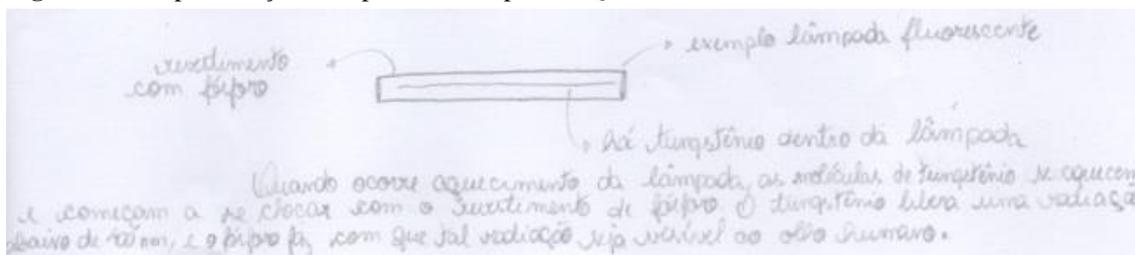
Fonte: Do autor.

Há representação da eletrosfera por órbitas elípticas ao redor do núcleo. Observe que o aluno utiliza o modelo atômico-planetário proposto por Rutherford. A transição do

elétron entre os níveis energéticos é indicada por setas curvas, assim como o retorno, porém este último apresenta algumas linhas em forma de ondas que, provavelmente, indicam a emissão de luz, caracterizando o fenômeno.

O aluno L faz a representação abaixo, que possivelmente identifica uma lâmpada fluorescente de tubo, em que está escrito: “Quando ocorre aquecimento da lâmpada as moléculas de tungstênio se aquecem e começam a se chocar com o revestimento de fósforo. O tungstênio libera uma radiação abaixo de 400nm, e o fósforo faz com que tal radiação seja visível ao olho humano.”. É provável que a discussão realizada no início da aula sobre as lâmpadas tenha influenciado na resposta à P5Q1, porém de maneira restrita, pois a pergunta pede uma representação em forma de desenho de um fenômeno, e não de um exemplo, que foi a que o aluno recorreu: as lâmpadas.

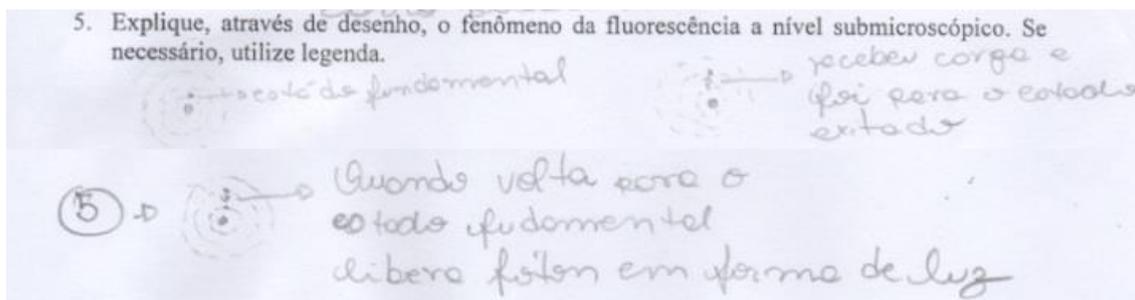
Figura 27 – Representação feita pelo aluno L para P5Q1.



Fonte: Do autor.

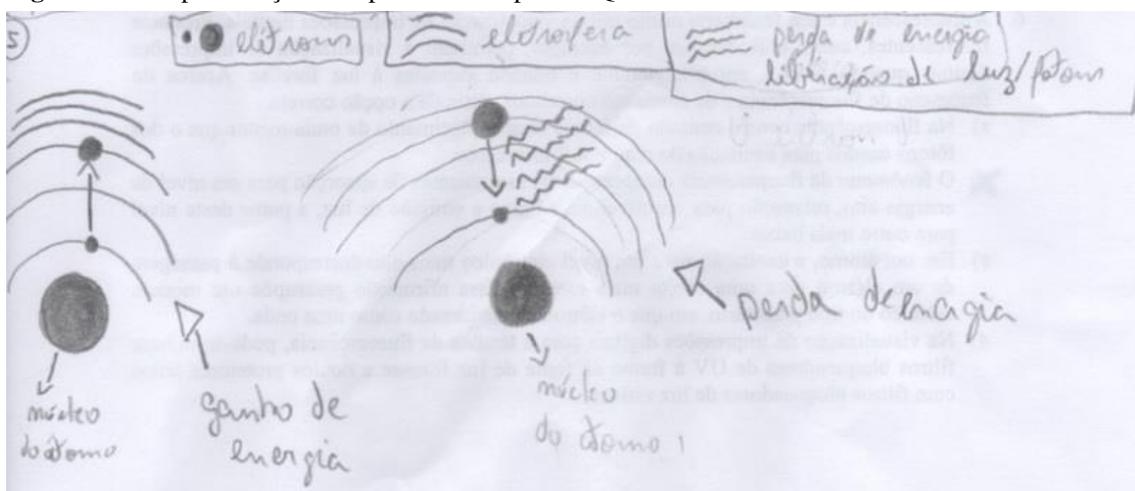
A quinta pergunta do segundo questionário (P5Q2) era: “Explique, através de desenho, o fenômeno da fluorescência a nível submicroscópico. Se necessário, utilize legenda.”. Note que P5Q1 é bem semelhante à P5Q2, objetivando analisar como os alunos compreenderam o fenômeno da fluorescência a nível representacional e, talvez, teórico – se o sujeito utilizasse explicações químicas para o fenômeno.

O aluno A, que em P5Q1 havia deixado a pergunta sem resposta, agora escreve juntamente com o desenho apresentado: “Quando volta para o estado fundamental libera fóton em forma de luz.”. O aluno representa os níveis energéticos pela linha pontilhada circular ao redor da esfera colorida, que por sua vez representa o núcleo do átomo. O desenho apresenta três momentos distintos: o primeiro, à esquerda, representa o estado fundamental; o segundo, ao meio, representa o elétron absorvendo energia e realizando a transição eletrônica; o terceiro, à direita, representa o elétron sofrendo a relaxação, ou seja, perdendo a energia absorvida e retornando do estado excitado para o estado fundamental, em que o excesso de energia é despreendido na forma de energia luminosa na faixa visível (400 a 700nm, aproximadamente).

Figura 28 – Representação feita pelo aluno A para P5Q2.

Fonte: Do autor.

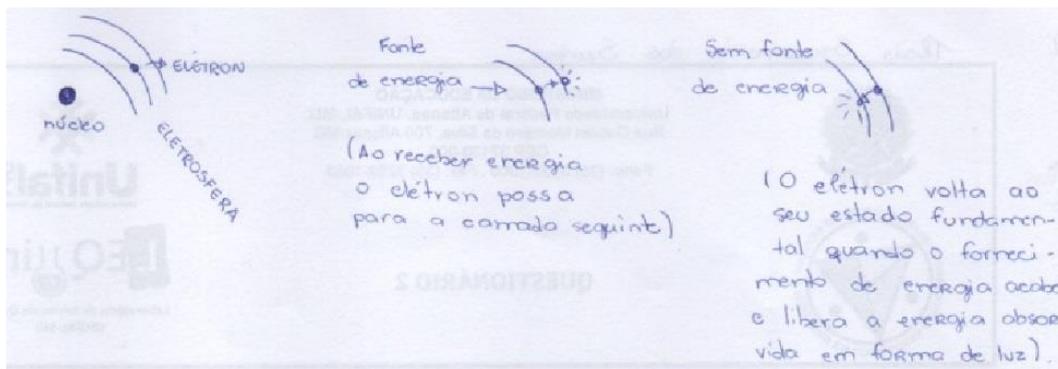
O aluno G apresenta o desenho abaixo com a respectiva legenda:

Figura 29 – Representação feita pelo aluno G para P5Q2.

Fonte: Do autor.

Um detalhe curioso no desenho acima é que o aluno representa o elétron com diferentes tamanhos, de modo que ele cresce à partir do momento em que “ganha energia”. Veja que o aluno representa o elétron por uma bolinha menor, no estado fundamental, a partir do instante que há transição eletrônica para o nível mais energético e mais afastado do núcleo, o aluno representa o mesmo elétron, porém por uma bolinha maior. O mesmo acontece no retorno do elétron do estado excitado para o estado fundamental. Porém agora, o elétron é maior e depois é representado por uma esfera menor, no momento em que “perde energia”. É possível deduzir, de acordo com o desenho, que o aluno compreende que ao absorver energia, o elétron muda para um nível mais externo e aumenta de tamanho. E ao devolver a energia, na forma de luz, diminui de tamanho. É como se o elétron inchasse e desinchasse, respectivamente.

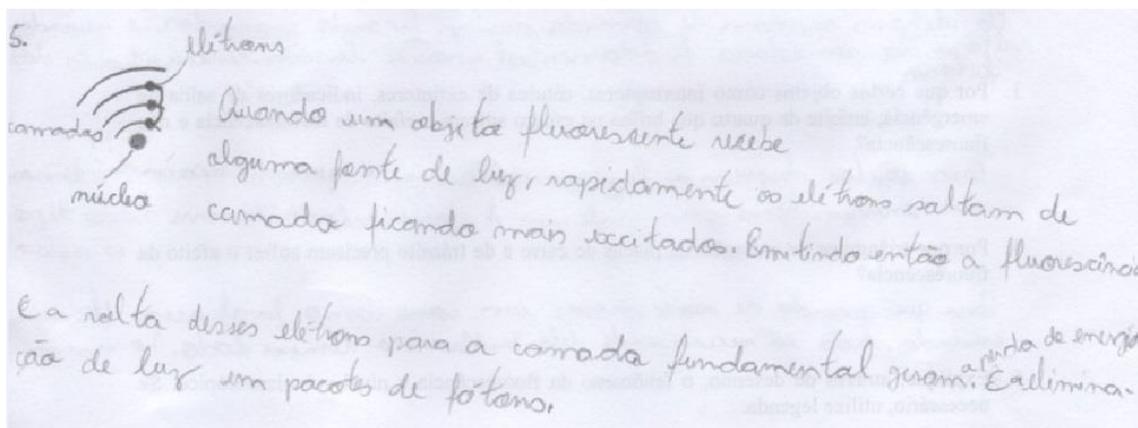
O aluno T faz uso da seguinte representação:

Figura 30 – Representação feita pelo aluno T para P5Q2.

Fonte: Do autor.

O aluno utiliza da seguinte linguagem escrita para auxiliar a interpretação dos desenhos: “Ao receber energia o elétron passa para a camada seguinte. O elétron volta ao seu estado fundamental quando o fornecimento de energia acaba e libera a energia absorvida em forma de luz.”. O desenho apresenta a transição eletrônica de ida do nível fundamental para o estado excitado, e seu respectivo retorno.

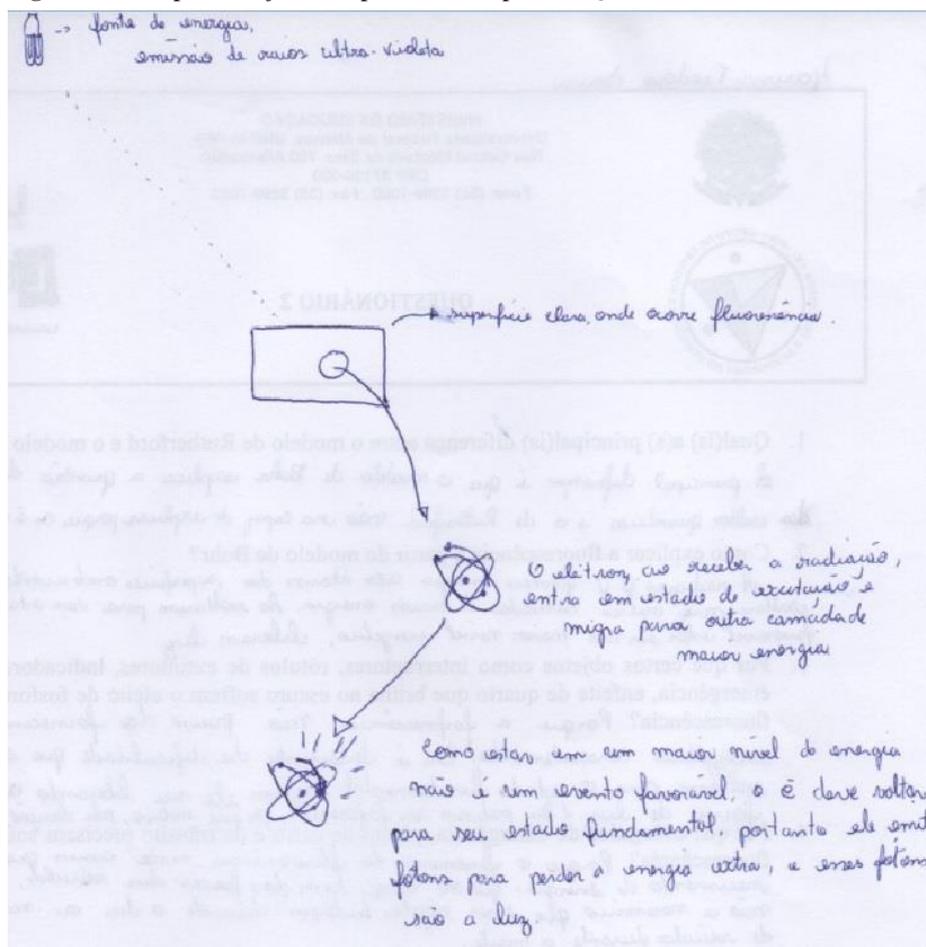
A representação apresentada pelo aluno D, está ilustrada abaixo. É importante ressaltar que o sujeito representa o fenômeno com apenas um desenho e que nele estão inclusos a excitação e a relaxação, assim como a emissão de fótons.

Figura 31 – Representação feita pelo aluno D para P5Q2.

Fonte: Do autor.

O aluno L, por sua vez, faz uma representação que engloba os três níveis do conhecimento: o fenomenológico – representado pela lâmpada e a “superfície clara onde ocorre fluorescência” –, o teórico – representado pelos elétrons que transitam entre os níveis energéticos a partir da absorção de energia – e o representacional – identificado pela modelo atômico apresentado. A figura se segue:

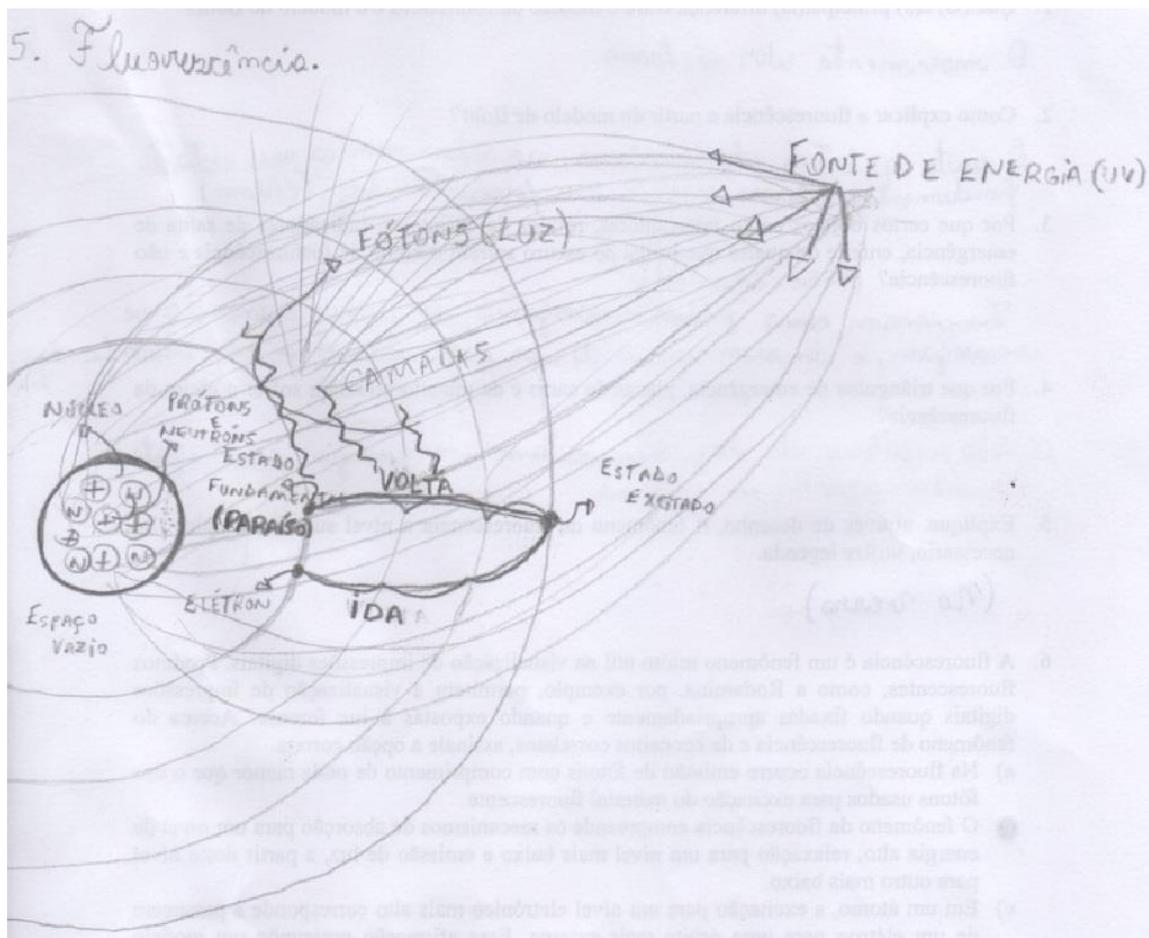
Figura 32 – Representação feita pelo aluno L para P5Q2.



Fonte: Do autor.

O aluno R apresenta o seguinte desenho, em que há diferenciação dos constituintes do núcleo entre prótons e nêutrons. Os elétrons estão representados por pequenas esferas preenchidas. Há diferenciação entre estado excitado e estado fundamental e separação dos níveis de diferentes energias através de camadas. A fonte de energia (UV) fornece a energia necessária para o elétron realizar o salto quântico, indo da primeira para a quarta camada. Ao retornar do estado excitado, há liberação de luz, representada por linhas finas e claras saindo da eletrosfera.

Figura 33 – Representação feita pelo aluno R para P5Q2.



Fonte: Do autor.

É possível afirmar que houve evolução conceitual e representacional na totalidade das respostas analisadas, pois mesmo aqueles alunos que representaram um desenho mais simplificado ou superficial em P5Q2, partiram da ausência de resposta ou ausência de desenho em P5Q1, indicando possível ampliação do NDR.

A importância de transitar entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, de acordo com Johnstone (2006), é que o processo de aprendizagem torna-se favorável, já que o aluno adquire a habilidade de relacionar o visível ao não visível. Dizemos que quando a movimentação entre os três níveis de conhecimento acontece de maneira efetiva, a aprendizagem é satisfatória, pois o sujeito adquiriu a capacidade de abstrair e relacionar o não visível às representações e identificá-las em fenômenos.

A análise dos questionários permite, genericamente, afirmar que houve ampliação dos níveis de desenvolvimento real dos sujeitos, ou seja, há indícios de aprendizagem com base nas análises da linguagem e compreensão do pensamento – transição dos conceitos espontâneos para os conceitos científicos (VIGOTSKI, 2005). E, portanto,

deve-se considerar que a ampliação de NDR amplia, conseqüentemente, a zona de desenvolvimento potencial, possibilitando outros momentos de aprendizagem eficazes.

A atividade orientadora de ensino, pautada nos pressupostos de Leontiev, compreende que os processos de aprendizagem impulsionados por uma necessidade e motivo – no caso entender luminescência a partir do modelo atômico proposto por Bohr, fenomenologicamente expressada, neste contexto, pelo “brilho” de alguns objetos em festas noturnas – permitem estabelecer relações sobre a importância da área de conhecimento para os seres humanos, tidos como sujeitos históricos, formados, construídos e modificados pela cultura, e que precisam dos conceitos formulados e desenvolvidos pelas gerações precedentes para ampliar o sentido dado à vida (RITZMANN, 2009).

Sendo assim, ao encerrar o episódio de ensino, foi pedido aos alunos que elaborassem um texto na forma de um relato final, em que fossem abordados o maior número de atividades possível, desde o convite para participação no minicurso até o momento final, de socialização das atividades entre os grupos e formalização de alguns conceitos. Esse relato final pode, potencialmente, fornecer dados para identificarmos como a atividade proposta, de caráter investigativo, contribui para gerar necessidade e motivo nos alunos, desencadeando-os a desenvolverem operações, que se coordenaram a nível de ações com a finalidade de executarem uma atividade de aprendizagem, em que o objeto de estudo é a luminescência e sua explicação química.

Abaixo segue a transcrição de alguns relatos e a respectiva análise.

Aluno A: “No primeiro dia já descobri várias coisas que não sabia e que achei interessante, que foi o que me fez ir nos outros dias também. Não lembro muito do segundo dia por ter saído mais cedo, mas lembro de ter visto sobre os modelos atômicos. Esses eram o de Dalton → que para ele um átomo (...) esférico, maciço e indivisível. Depois veio Tomson, que descobriu as cargas elétricas (...) o átomo era divisível (...). Depois veio Rutherford (...) o átomo tem uma grande parte vazia chamada eletrosfera e um núcleo pequeno (...). Mas o modelo de Bohr é o que melhor explica a luminescência, pois explica que os elétrons estão em constante movimento em órbitas (camadas) (...). Que a energia é quantizada e não contínua.

Os elétrons saem do seu estado fundamental quando recebe energia e ficam excitados. E quando voltam liberam essa energia em forma de fóton.

A luminescência ocorre quando os elétrons voltam para seu estado fundamental, se é de uma forma rápida é chamada fluorescência, se é de uma forma mais lenta, com armadilhas, é chamado de fosforescência.

Gostei muito de ter feito esse curso, e com certeza não consegui colocar tudo que aprendi. Mas com certeza a maioria das coisas que aprendi foi uma surpresa por não saber ou ter aprendido errado na escola.”

A primeira frase, indica uma motivação despertada a partir da necessidade psicológica. O fato de o aluno ter “descoberto” várias coisas (palavras dele), fez com que ele voltasse em todos os outros encontros. Nas frases seguintes, o aluno apresenta um resumo dos modelos atômicos e suas respectivas características, considerando a evolução histórica. Ele explica, também, como o modelo de Bohr é capaz de sustentar teoricamente o fenômeno em estudo. No segundo e terceiro parágrafos, o aluno explica o fenômeno da luminescência, de fato, a nível teórico, utilizando a transição eletrônica como explicação. A última parte é uma síntese feita a partir da motivação e motivo do aluno. É interessante que, na última frase, ele faz citação que talvez tenha aprendido algo errado na escola. Isso foi dito porque durante o minicurso, o aluno disse que tinha aprendido algumas coisas que discutimos de outra maneira, com conceitos errôneos. Entretanto, houve possibilidade de reconstrução do conhecimento e ampliação do NDR.

Segue relato de outros alunos:

Aluno D: “No primeiro dia de aula, tivemos uma surpresa ao conhecer a luz negra, que ninguém conhecia o que era e o que ela proporcionava dentro do laboratório. Vimos que vários objetos brilharam ao apagar a lâmpada fluorescente e acender a lâmpada de luz negra. (...) Começamos a discutir também sobre religião e história (...).

Já o Bohr descobriu que além dos elétrons se movimentarem, eles também continham energia em sua camada, e que os elétrons podiam mudar de camada de acordo com o grau de energização.

(...) os elétrons podem saltar de camada para um nível mais energético e esse procedimento foi denominado de salto quântico. O elétron no estado excitado voltando para o estado fundamental devolver a energia recebida sob a forma de ondas eletromagnéticas. (...)

Vimos também que os raios UV é menor do que os raios da luz visível, ele existe mas não podemos ver. Nesse caso, tudo que vimos trilhar no laboratório foi por conta da luz negra que contém os raios ultravioletas.”

A análise feita para o relato do aluno D, é semelhante à anterior, por isso é suprimida aqui, destacando apenas que este último falou sobre os “raios UV”, que possuem comprimento de onda menor que o da luz visível e, por isso, não são visíveis ao olho humano.

Aluno G: “No 1º dia foi incrível, entramos no laboratório e o nosso professor distribuiu um jaleco para cada aluno. (...) Eu imaginava que para esses objetos brilharem dependeria da cor que os tivessem. Mas, não. Dependeria da composição do objeto e não da cor. (...) Relembrando os modelos atômicos. Aprendi a história dos modelos desde Dalton até Bohr.. Falamos também de filósofos gregos Demócrito e Leucipo, que tiveram grande influência sobre os átomos.

O quarto modelo estudado foi o de Bohr. A partir desse em que pudemos entender e relacionar o fenômeno das luzes e do brilho. Bohr explicava então o movimento dos elétrons. Ele usou o mesmo modelo de Rutherford, apenas o complementou, por isso, muita gente conhece por modelo de Rutherford-Bohr. Bohr relata então, que o elétron se move ao redor do núcleo. A energia do elétron era quantizada e não contínua e cada um

valor em uma camada diferente. O elétron com sua energia normal ele estaria em seu estado fundamental e ao receber uma maior energia ele pularia para outra camada entrando em estado excitado. Isso seria chamado de um salto quântico, o elétron trocando de camada. Esse salto quântico seria desfavorável, então ele teria que perder energia, o elétron libera essa energia em fótons, e, em forma de luz. Quanto mais longe do núcleo maior a energia contida. (...)

Aprendemos sobre a luminescência, que seria a emissão de luz visível. Estudamos então, o espectro de luz, que mede as ondas de energia. (...)

No processo de fluorescência e fosforescência os elétrons absorvem energia da luz. Com energia eles fazem o salto quântico saindo do estado fundamental para o estado excitado. E quando eles voltam para seu estado fundamental liberam a energia em fótons como luz. A maior diferença entre fluorescência e fosforescência é o tempo (velocidade) em que o elétron voltado do estado excitado para o fundamental. A fluorescência volta rapidamente, enquanto a fosforescência pode demorar horas. (...)

Discutirmos sobre o resultado do experimento do 4º encontro. Associamos tudo e concluímos que para brilhar e para sabermos a cor dependeria da composição do produto. Como exemplo, brilharam produtos com fósforo, outros com quinino e outros com clorofila. Cada um com uma cor. Essa cor seria definida a quantidade de energia obtida que levaria o elétron a tal camada.”

O aluno G, faz uma descrição mais detalhada e correta sobre a explicação do fenômeno a partir das transições eletrônicas, citando o caminho de aumento energético pela absorção e, também, o caminho de volta, de dispensação energética a partir da relaxação e emissão da diferença de energia em forma de luz. Cita também sobre o espectro eletromagnético que foi apresentado e discutido durante uma aula, afirmando que as substâncias podem apresentar cores diferentes, já que esta, depende da composição química. O diferencial no relato deste aluno, é a caracterização do fenômeno em fluorescência e fosforescência, apresentando a diferença entre ambas: tempo de brilho (velocidade), de acordo com o relato.

Aluno J: “Não me lembro bem qual foi o dia da semana, mas lá estava Rafael, na nossa sala de aula na Escola Estadual (...), nos convidando para participar de um minicurso de química. Disse que descobriríamos o porquê das roupas brancas brilharem na balada. Eu fiquei muito empolgada, pois além de sempre ter considerado muito bonito tal fenômeno, não fazia ideia de como o mesmo acontecia.

E lá fui eu. Foi em uma segunda-feira, a primeira vez na vida que estive dentro de um laboratório de química. Fascinações à parte, fui apresentada à luz negra (que eu também nem desconfiava sobre o nome) e aos seus efeitos sobre objetos como jalecos, folhas de papel, alguns tipos de plásticos, dentes, unhas e substâncias não identificadas por mim, contidas na estufa. Descobri nessa mesma aula que a lâmpada incandescente funciona porque os elétrons da corrente elétrica se chocam com os átomos de tungstênio (o filamento de metal, bem fininho). Assim sendo, ocorre um aquecimento, e assim a luz é gerada. Já com as lâmpadas chamadas fluorescentes, o funcionamento é outro. Dentro da lâmpada, que possui revestimento de fósforo, existem gotas de mercúrio. Quando o mercúrio é aquecido, começa a emitir energia luminosa (que não é visível aos olhos humanos). A função do revestimento de fósforo é tornar visível aos olhos humanos tal energia. Assim como ocorre no funcionamento da lâmpada fluorescente, ocorre no funcionamento da luz negra. É importante citar a escala do espectro de luz. Olhos

humanos só são capazes de enxergar ondas que vão de 400 nm a 700 nm. Antes de 400 nm, encontram-se os raios UV (que é o tipo de luz que a lâmpada de luz negra emite se não fosse pelo fósforo, a luz da mesma não seria visível) e depois de 700 nm, encontram-se os raios infra-vermelho (que também não são captados pelos olhos humanos).

No segundo dia, aprendi (e finalmente entendi) os modelos atômicos e suas respectivas evoluções. (...)

No quarto dia (...) tivemos de fazer experiências. De longe o dia mais legal, escolhemos diversos objetos para testarmos à luz negra. (...) primeiro nos focamos (e nos divertimos) em amassar uma determinada planta mergulhada no álcool, até que conseguíssemos sua clorofila. Assim que expusemos o líquido esverdeado à luz negra, o líquido tornou-se avermelhado. (...)

No quinto e último dia, finalmente compreendi a diferença entre fluorescência e fosforescência. Ambos são explicados pelos saltos quânticos. Quando o elétron já energizado, começa a voltar para o estado fundamental, libera energia em forma de luz. No caso da fluorescência, o elétron não possui “empecilhos” para voltar, o que faz com que o fenômeno seja imediato. É o que acontece com triângulos e placas de sinalização, além dos jalecos e folhas. No caso da fosforescência, que acontece com os interruptores e enfeites de quarto, o elétron possui “empecilhos” para voltar, o que faz com que o fenômeno seja lento.”

O relato apresentado, talvez o que apresenta mais elementos psicológicos, possibilita a análise de uma atividade de aprendizagem em potencial. O aluno cita desde o momento do convite, o que indica que a mobilização de operações para coordenação teve início antes mesmo da aula, pois a necessidade psicológica foi gerada no momento do convite, a partir da negociação de que iria ser ensinado sobre o motivo de roupas brancas brilharem na balada. O aluno faz referência ao funcionamento dos diferentes tipos de lâmpadas, relacionando ao comprimento de onda liberado por elas, com base no espectro eletromagnético. Há citação de que o encontro que conteve a atividade experimental investigativa foi “de longe o dia mais legal”. A escrita em primeira pessoa do plural, indica autoria no processo: “escolhemos diversos objetos”, há citação sobre atenção e divertimento. A análise das operações realizadas durante o quarto encontro já foram apresentadas anteriormente. No último encontro, o aluno diz compreender a diferença entre fluorescência e fosforescência, explicando-os quimicamente.

Aluno L: “A partir dessa compreensão ficou mais fácil entender o que era fosforência e fluorescência, que eu não tinha a menor noção que como explicar, além do fato de pensar que um funciona somente com a luz e o outro na ausência dela também. Então, aprendemos que a fluorescência acontece de forma mais rápida. Os elétrons recebem a energia e para voltarem para o estado fundamental, liberam luz, só que assim que cessa o fornecimento de energia, cessa também o fenômeno. Já a fosforescência tem uma duração maior porque os elétrons encontram empecilhos na hora em que vão voltar para o estado fundamental, portanto tem uma duração maior e emite um brilho mesmo depois que para de receber energia. Por isso é importante que objetos como interruptores sejam fosforescentes, para que brilhem durante a noite e a pessoa possa enxerga-los na ausência de outra fonte luminosa. (...)

O sabão em pó também brilhou e depois viemos a descobrir que o que causava isso era o branqueador óptico utilizado nele. (...)

Por fim, concluímos que (...) a cor da luz visível depende da energia envolvida no processo, pois ela é que determinará o comprimento da onda e como consequência, a cor da mesma.”

O aluno começa o relato afirmando que “não tinha a menor noção de como explicar” a diferença entre fluorescência e fosforescência, mas que a partir das aulas, ficou claro as características de cada um. Segue, afirmando e diferenciando os fenômenos, quimicamente. No segundo parágrafo há descrição das operações, ações e observações realizadas com o ensaio realizado durante a atividade experimental investigativa, concluindo que o brilho das roupas brancas sob luz negra, é resultado da transição eletrônica nas moléculas do branqueador óptico presente no sabão em pó utilizado na lavagem das roupas. Conclui o relato declarando que “concluímos” que a cor de cada substância ou objeto quando expostos sob luz negra, depende da composição e quantidade de energia absorvida, já que ela determina o comprimento de onda e, conseqüentemente, a cor.

Aluno N: “(...) Descobrimos também que a luz não precisa de um meio para se propagar que ela viaja através de ondas. (...) O que foi muito legal pois eu nunca tinha ouvido falar sobre isso. Já tinha ouvido sobre UV e infra-vermelho, mas não sabia o que eram. (...)

Uma coisa muito legal foi nós termos revisto os modelos atômicos pois vimos muito por cima no primeiro ano e me deixava confusa na hora de explicar a evolução.

Hoje (5º dia) podemos ver como nossos colegas fizeram suas experiências o que foi bem produtivo para mim.”

O aluno inicia relatando que a luz não precisa de meio para se propagar, e isso representa um novo aprendizado pra ele, que “nunca tinha ouvido falar sobre isso”, assim como tinha apenas “ouvido sobre UV”. Afirma que foi interessante rever os modelos atômicos porque viram superficialmente na escola e ficava confuso de entender a evolução histórica. Destaco o último parágrafo, em que o aluno diz que o momento de socialização dos resultados entre os alunos foi muito produtivo, corroborando a potencialidade da metodologia utilizada para a efetivação de atividades de aprendizagem.

Aluno R: “Junto a meus colegas fui chamado para participar do minicurso sobre balada, a princípio todos ficaram curiosos. Ao chegarmos nos deparamos com a música eletrônica, umas luzes estranhas, e todo laboratório tapado com panos negros com a intenção de escurecer. (...)

Logo depois daquela experiência fantástica, fiquei pensando como aquilo havia ocorrido, as luzes estranhas provinham das lâmpadas chamadas de luz negra, que emitiam luz ultravioleta, comprimento de onda abaixo de 400 nm. Falamos do arco-íris e suas cores básicas, e que a junção de tudo fica branco, voltei para casa refletindo tudo aquilo.

No segundo dia junto a meus amigos voltamos na velocidade da luz para a Unifal, curiosos para saber como seria. (...)

No quarto dia fizemos a experimentação (...). Surgiu uma dúvida, será que o brilho provinha do gás? Aí resolvemos aquecer a água tônica e agitar utilizando um peixinho. Percebemos que o brilho não era do gás, mas sim do quinino que continha na água tônica. (...)

Nessa última aula discutimos tudo aquilo que fizemos até hoje, as relações entre as experiências. Fizemos os relatórios e infelizmente acabou. Foi bem legal, aprendi muitas coisas. Parabéns Rafael e muito obrigado!”.

Identificamos que o aluno dá início ao seu processo de atividade movido pela curiosidade. A vontade de entender alguns processos químicos presentes em festas noturnas, configurou-se como necessidade psicológica para o engajamento em uma atividade que o colocasse em contato com o mundo – conhecimento químico. No segundo parágrafo, percebemos que a organização do espaço que representou o ambiente de aprendizagem, exerceu papel importante para a atividade de aprendizagem. De acordo com o aluno, a experiência foi “fantástica” e ela representou motivo para continuar a coordenar ações e operações mesmo fora do momento formal de aprendizagem, pois o aluno ficou “pensando como aquilo havia ocorrido” e voltou “para casa refletindo tudo aquilo.”. No terceiro parágrafo, identificamos o interesse do aluno em continuar os encontros para efetivar aprendizagens: “... voltamos na velocidade da luz para a Unifal, curiosos para saber como seria...”. Relata sobre as operações e ações realizadas para confirmar ou refutar a hipóteses de que a fluorescência da água tônica provinha do gás. A mesma foi refutada e concluíram, auxiliados pela mediação demonstrada nos diálogos da sessão anterior, que o brilho era efeito do quinino contido na bebida.

De acordo com os relatos acima, percebe-se que os alunos deram início ao processo de apropriação de uma cultura que antes era difusa (através da confusão entre os conceitos “fluorescência” e “fosforescência”, ou entendimento de ambos como sinônimos, ou total desconhecimento) e agora passa a indiciar organização, o que é marcado, também, pela incorporação do vocabulário científico em um contexto social correto, e escolar. De acordo com Rigon e colaboradores (2010) o homem adentra a espécie humana ao se apropriar da cultura e de tudo que o gênero humano desenvolveu, mediado pela comunicação, efetivando uma atividade e considerando a perspectiva histórico-cultural.

É neste sentido que o processo didático apresentado configurou-se como atividade de aprendizagem, tendo em vista foi concretizado pelos alunos, representando, então, atividade de ensino para o professor pesquisador, que rompeu os desafios impostos pela organização do ensino (MOURA et al, 2010). De acordo com Leontiev, a educação representa a apropriação de obras humanas. Construindo e reconstruindo a cultura, dessa

maneira, o sujeito assimilou conhecimentos químicos nas condições de orientação do pesquisador, mediação da experimentação e interação social com os outros alunos.

A atividade proposta durante a identificação das características dos materiais que os tornavam luminescentes quando expostos à luz negra formou novos conceitos e reestruturou os antigos como fruto da atividade em formação psicológica.

8.3.7 Características básicas comuns da atividade orientadora de ensino

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 1	Reunião com bolsistas do PIBID para apresentação da proposta.	Encontro com alunos bolsistas do PIBID para formar parceria entre pós-graduação e graduação, discussão de novas teorias para o grupo e auxílio dos bolsistas para a montagem do episódio de ensino em questão.	Pesquisador, co-orientadora da pesquisa e coordenadora de área do programa, professor supervisor e alunos bolsistas.	Atividade sugerida pela co-orientadora da pesquisa para resgatar auxílio na elaboração do episódio de ensino e aplicação do mesmo, publicação de atividade intelectual.	Apresentar a proposta do episódio e dar início o planejamento de execução.	Conversa entre os pares para discutir a proposta e modificá-la a partir de reflexões coletivas.
Atividade 2	Estudo das teorias envolvidas (experimentação e teoria da atividade).	Apresentação das teorias para guiarem as etapas futuras, desde a elaboração do material até às análises, para que fossem feitas de acordo com os referenciais teóricos escolhidos.	Pesquisador, co-orientadora da pesquisa e coordenadora de área do programa, professor supervisor e alunos bolsistas.	Conhecimento das teorias envolvidas para montagem do material didático, planejamento das aulas e execução das mesmas.	Conhecer duas novas teorias ainda não estudadas pelos alunos bolsistas, introduzir discussões relevantes na área do Ensino de Química; municiar teoria suficiente para elaboração do material didático a ser utilizado.	Realizar leitura de artigos, capítulos de dissertações e teses, e discussão sobre as teorias.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 3	Montagem do material didático para minicurso e preparação das aulas.	O episódio está dividido em cinco encontros. Nos três primeiros é fornecido material didático que trata sobre o tema da aula. De modo que aula 1: Luz; aula 2: Teorias atômicas; aula 3: luminescência– fluorescência x fosforescência.	Pesquisador e bolsistas do programa.	Instrumentalizar para a execução do episódio com material inovador ao ensino tradicional, em caráter investigativo.	Compreender como se dá a montagem de um material didático para ensino investigativo, escolher quais conteúdos específicos a serem abordados.	Pesquisar em livros didáticos, artigos científicos e outros materiais quais conteúdos específicos devem constar no material a ser montado, introduzir no universo paradidático.
Atividade 4	Divulgação do minicurso na escola e inscrições.	Divulgação para diretora e alunos de 3º ano do ensino médio da Escola Estadual sobre o minicurso: “Química das baladas”. Foi anunciado que seria discutido o motivo de blusas brancas “brilharem” em baladas, entender como os interruptores de luz e alguns enfeites de quarto “brilham” no escuro. O minicurso atenderia uma demanda de vinte alunos no máximo.	Pesquisador, diretora e alunos da escola.	Executar a aplicação do 3 episódio de ensino para coletar dados e analisar indícios de aprendizagem possibilitados pela experimentação investigativa de acordo com a Teoria da Atividade.	Conseguir alunos para a execução do minicurso “Química das baladas”.	Convidar os alunos a participarem de um novo minicurso, semelhante ao que alguns deles já haviam participado “Química dos Perfumes”, que aconteceria na Universidade Federal de Alfenas e que teria momentos de experimentação.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 5	Reconhecimento do espaço de realização dos encontros e contato com o fenômeno.	Contato com o laboratório de ensino onde ocorreriam as cinco aulas, o espaço estava montado com uma estrutura semelhante a de uma boate, com várias lâmpadas de luz negra e som de música eletrônica.	Pesquisador, técnica do laboratório e alunos participantes do minicurso.	Adequação ao ambiente para minimizar interferentes, aplicação do minicurso.	Iniciar a aprendizagem a partir do nível fenomenológico, entender que materiais diferentes brilham sob a lâmpada de luz negra.	Identificar quais objetos “brilham” no escuro. Observar quais brilham somente enquanto recebem luz UV e quais continuam brilhando mesmo depois de cessar o fornecimento deste tipo de energia. Realizar anotações e prever explicações que justifiquem o brilho, levantamento de hipóteses.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 6	O que é a luz?	Início da discussão de conteúdos químicos através da pergunta “Como enxergamos?”, levantamento de concepções prévias e organização a partir de temas interdisciplinares como “visão e cegueira”, “daltonismo”, “miopia”, etc...	Pesquisador, técnica do laboratório e alunos participantes do minicurso.	Fornecer subsídios instrumentais e cognitivos para a futura realização do experimento e para entendimento do efeito denominado como “luminescência”.	Suprir demanda e deficiência de conteúdos que não são trabalhados na escola, entender o que é a luz submicroscopicamente (ondas eletromagnéticas, fótons, etc...) e quais os tipos de lâmpadas existentes: incandescentes, fluorescentes e de luz negra.	Aula investigativa, perguntas, comentários e leitura do material didático correspondente a essa aula. Utilização de TIC para mostrar a representação dos espectros eletromagnéticos e entender o princípio e as regiões.
Atividade 7	Questionário 1	Levantamento diagnóstico sobre o que os sujeitos conhecem sobre “teorias atômicas” e “luminescência”.	Alunos.	Coletar dados antes da execução do minicurso.	Inferir sobre a eficácia do método escolhido de acordo com a Teoria da Atividade.	Responder as cinco perguntas do questionário.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 8	Como explicar a luminescência? Teorias atômicas e espectros	Segunda aula. Discutir a divisão da matéria e entender a evolução das teorias atômicas, qual o cunho histórico-cultural envolvido e entender a história, contemplando a gênese do conceito, assim como propõe Moura na Atividade Organizadora de Ensino.	Pesquisador e alunos.	Ensinar luminescência e coletar dados.	Fornecer subsídios para que seja possível o entendimento da luminescência a partir do modelo atômico proposto por Bohr.	Discutir as teorias atômicas que vão dos filósofos antigos até Bohr, passando por Dalton, Thomson e Rutherford.
Atividade 9	Fluorescência x fosforescência (modelo de Bohr)	Terceira aula. Discutir mais profundamente o modelo atômico proposto por Bohr, assim como os conceitos de “energia”, “camadas”, “saltos quânticos”, “transformações energéticas”.	Pesquisador e alunos.	Ensinar luminescência e coletar dados.	Ensinar a diferença entre fluorescência e luminescência e fornecer subsídios teóricos necessários para o entendimento do fenômeno experimental a ser investigado na próxima aula.	Discutir a utilidade dos objetos serem “brilharem no escuro” ou “refletirem” luz e inferir sobre transformações energéticas a partir de “saltos quânticos”.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 10	Atividade experimental investigativa	Desenvolvimento de atividades experimentais investigativas objetivando construir o conceito de luminescência a partir de objetos expostos sobre a lâmpada de luz ultravioleta, como sabão em pó, água tônica, esmalte ou folhas de vegetais.	Alunos, pesquisador e bolsistas do PIBID.	Coletar dados para inferir sobre a potencialidade experimental investigativa auxiliar os alunos a construir conceitos (atividade de aprendizagem) enquanto instrumento a partir da mediação do professor.	Entender a diferença entre fluorescência e fosforescência a partir do modelo atômico de Bohr discutido em aulas anteriores.	Manipulação de objetos sob a lâmpada de luz negra.
Atividade 11	Socialização	Apresentação do planejamento realizado e do procedimento executado na aula anterior por um grupo para os demais grupos.	Alunos e pesquisador.	Compartilhamento de ideias a partir de abordagem histórico-cultural.	Todos os alunos de todos os grupos deveriam conhecer o que os outros grupos planejaram e realizaram para confronto de ideias e posterior questionamento.	Apresentação sistematizada dos procedimentos realizados por cada grupo a partir de arguição.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(continua)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 12	Formalização	Apresentação formal e aceita cientificamente dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores: “luminescência”, “fluorescência”, “fosforescência”, “transição eletrônica”, “níveis energéticos”, “estado de excitação”, “relaxamento”, “fótons” e “espectros eletromagnéticos”.	Pesquisador e alunos.	Aprendizagem para coleta de dados a partir dos diálogos, questionário 2 e relato final.	Organização do ensino por parte do professor e efetivação do ensino a partir da atividade de aprendizagem.	Aula expositiva de recapitulação dos conteúdos trabalhados em aulas anteriores a partir do exposto pelos grupos na aula de socialização.
Atividade 13	Questionário 2	Levantamento prognóstico sobre o que os sujeitos conheceram sobre “teorias atômicas” e “luminescência”.	Alunos.	Coletar dados após a realização do minicurso com atividade experimental investigativa.	Inferir sobre a eficácia do método escolhido de acordo com a Teoria da Atividade.	Responder as cinco perguntas do questionário.
Atividade 14	Relato final	Relatório que contemple o máximo de informações possíveis sobre as atividades realizadas durante o minicurso.	Alunos.	Coletar dados a partir de texto corrido que mostre a incorporação de linguagem científica e a capacidade de aprender na relação com o outro.	Relatar todas as ações realizadas durante o episódio de ensino.	Escrever um relatório abordando todos os encontros durante o minicurso em questão.

Tabela 9: Elementos constituintes das atividades menores.

(conclusão)

	Título	Descrição	Sujeitos	Necessidade	Objetivos	Ações
Atividade 15	Apresentação dos resultados aos bolsistas do PIBID.	Apresentação dos dados coletados a partir do minicurso realizado com os alunos de ensino médio para os bolsistas do PIBID.	Pesquisador, coordenadora de área, bolsistas do PIBID.	Informar o grupo de trabalho sobre as atividades realizadas a fim de publicações científicas.	Desenvolvimento do grupo para atividades de aprendizagem e organização de ensino, tendo em vista a formação inicial que estão inseridos.	Discussão sobre os momentos de aprendizagem do minicurso realizado.

Fonte: Do autor.

Inicialmente analisei características básicas comuns a todas as atividades, listadas na tabela 9, como a descrição da mesma, sujeitos envolvidos, necessidade, objetivos e ações, na busca de aspectos relevantes durante a atividade. Sequencialmente, apresento uma análise detalhada das características da atividade experimental investigativa tomando por base as repostas aos questionários, o relato final e as discussões interpostas durante a realização do encontro.

De acordo com Driver e colaboradores (1994) modelos, teorias, linguagens e símbolos propostos e utilizados pela ciência são construções humanas aceitas pela sociedade na busca da compreensão e explicação do mundo em que os sujeitos estão inseridos. A concepção apresentada é valiosa para o Ensino de Química ao considerar que o conhecimento científico é uma forma de interpretação humana da realidade, dependente da história e comunicada através da cultura e de instituições sociais científicas. O conhecimento aceito cientificamente deve ser transformado em conhecimento escolar a partir da mediação didática realizada pelo professor quando utiliza, no caso em estudo, a experimentação investigativa como instrumento que se coloca como conector da relação indireta entre sujeito (aprendiz) e objeto (conhecimento químico).

Sendo a natureza do conhecimento construído pelo homem, simbólica, o conhecimento químico não pode ser apreendido por meio de observação objetiva e simplista do mundo natural, uma vez que é formado por conceitos, procedimentos, métodos, linguagem específica, exigindo níveis complexos de abstração, por trabalhar na maior parte das vezes, com conteúdos no nível submicroscópico do conhecimento (JOHNSTONE, 2006).

A atividade realizada é responsável por se colocar enquanto elo da relação entre homem e realidade objetiva, a partir da qual os aprendizes estão inseridos para relação com objetos e fenômenos, disponíveis para transformação, assim como a de si mesmos.

O sentido da atividade humana é global no sentido de buscar saciar a necessidade que disparou as ações para a devida concretude, porém é desdobrado em diferentes tipos concretos de atividade, que se diferenciam a partir do objeto. A posterior análise se refere à aprendizagem de conhecimentos químicos enquanto objeto de atividade. Estes, por sua vez, irão determinar a direção da atividade.

Os episódios de ensino apresentados, em geral, contribuem para a ruptura com o modelo aplicacionista de formação tradicional, vez que as atividades foram propostas para o enfrentamento de situações não corriqueiras, como o trabalho em grupo a partir da

investigação e interdisciplinaridade, rompendo a lógica disciplinar, tradicional e fragmentar de formação (AMARAL, 2012).

Como exposto anteriormente, Leontiev ao definir atividade produtiva do aluno como um processo que ele realiza ativa e conscientemente sobre a realidade para assimilar conceitos, afirma (ou quer dizer) que através da mediação por instrumentos, considerando a relação com outros seres humanos, constitui um meio para a construção (e incorporação) de novas estruturas cognitivas. A ação será a unidade de análise principal da atividade experimental, tendo em vista que ela é o processo a ser realizado pelo aluno para alcançar o objetivo concreto e, por vez, orientado.

De acordo com os registros que se seguem abaixo, encontram-se listadas a sequência didática adotada para a realização do terceiro episódio, categorizadas segundo a proposta de Leontiev (1978):

1. Apresentação e discussão do fenômeno através de uma infraestrutura de festa noturna;
2. Formulação de questões relacionadas ao “brilho diferente” de alguns objetos;
3. Discussão sobre o que é luz;
4. Aplicação de um questionário diagnóstico;
5. Aula sobre modelos atômicos, abordando aspectos históricos;
6. Aula sobre luminescência (fluorescência e fosforescência);
7. Levantamento de hipóteses;
8. Realização de experimentação investigativa;
9. Apresentação do planejamento proposto e procedimentos realizados pelos grupos (socialização);
10. Formalização dos conceitos e apanhado geral sobre as discussões já realizadas;
11. Questionário prognóstico;
12. Relato final.

Classificação dos elementos constitutivos das atividades: Questionário 1

Objetivos:

- a) Conhecer o que os alunos participantes do minicurso sabem sobre o fenômeno a ser estudado: “luminescência”;
- b) Identificar falhas e lacunas no conteúdo químico “modelos atômicos”.
- c) Representar um fenômeno através de desenhos.

Ações:

- a) Resgatar na estrutura cognitiva conhecimentos acumulados anteriormente;
- b) Propor a explicação de um fenômeno através de desenho, incluindo aspectos não visíveis da matéria (níveis energéticos).
- c) Aguçar a abstração.

Operações:

- a) Ler o questionário e interpretar as questões;
- b) Responder as perguntas escrevendo as respostas.

Resultados:

- a) Resposta às questões:
 - i. Quais modelos atômicos você conhece? Explique-os. Se necessário, desenhe.
 - ii. Você já ouviu falar de fluorescência? O que é? E fosforescência? O que é?
 - iii. Você conhece objetos fosforescentes? Quais? E fluorescentes? Quais?
 - iv. Em um quarto com luz acesa existem alguns objetos: um enfeite de quarto que “brilha no escuro”, um triângulo de segurança de carro, interruptor de luz, uma placa de sinalização de trânsito, um colete de motoboy ou gari. Ao apagar a luz, qual(is) objeto(s) se destaca(m)? Por que?
 - v. Como você acha que acontece a fluorescência no nível das partículas atômicas? Represente através de desenho.

Classificação da atividade Experimental Investigativa:

Objetivos:

- a) Compreender o fenômeno químico e físico denominado “luminescência” a partir da exposição de materiais sob a lâmpada de luz UV;
- b) Propor qual tipo de material sofre fluorescência ou fosforescência;
- c) Compreender o conceito de salto quântico e relaxação energética.

Ações:

- a) Preparar as caixas negras e selecionar os materiais para trabalho;
- b) Testar a hipótese levantada dos materiais que iriam “brilhar”;
- c) Observar as nuances das colorações após a incidência de luz UV;

Operações:

- a) Montar a caixa preta conectando a lâmpada ao bocal;

- b) Observar a voltagem das tomadas;
- c) Levar o material que supostamente “brilharia” até a bancada de trabalho;
- d) Colocar os objetos dentro da caixa preta e observar a mudança ou não de cor;
- e) Propor alguma mistura entre os materiais;
- f) Testar alguma modificação nos materiais (tirar o gás da água tônica ou lavar um tecido preto com o sabão em pó, por exemplo);
- g) Discutir com os grupos o fenômeno observado.

Resultado:

Engajamento na atividade. A análise particular de cada grupo está apresentada na sessão 8.3.4.

Classificação dos elementos constitutivos da atividade: Questionário 2

Objetivos:

- a) Reconhecer indícios de aprendizagem a partir da incorporação de novas palavras no vocabulário e coerência científica sobre o fenômeno estudado: “luminescência”;
- b) Identificar capacidade de abstração a partir das explicações;
- c) Representar o fenômeno a partir de desenho, mostrando salto evolutivo do primeiro questionário para este.

Ações:

- a) Confrontar o conhecimento anteriormente adquirido com o construído durante o mini-curso e formar um novo conhecimento;
- b) Propor a explicação de um fenômeno através de desenho, incluindo aspectos não visíveis da matéria (níveis energéticos).
- c) Aguçar a abstração;
- d) Analisar como a experimentação investigativa contribuiu com a aprendizagem e reconstrução de conceitos químicos.

Operações:

- a) Ler o questionário e interpretar as questões;
- b) Responder as perguntas escrevendo as respostas.

Resultados:

- a) Responder às questões:
 - i. Qual(is) a(s) principal(is) diferença(s) entre o modelo de Rutherford e o modelo de Bohr?

- ii. Como explicar a fluorescência a partir do modelo de Bohr?
- iii. Por que certos objetos como interruptores, rótulos de extintores, indicadores de saída de emergência, enfeite de quarto que brilha no escuro sofrem o efeito de fosforescência e não fluorescência?
- iv. Por que triângulos de emergência, placas de carro e de trânsito precisam sofrer o efeito da fluorescência?
- v. Explique, através de desenho, o fenômeno da fluorescência a nível submicroscópico. Se necessário, utilize legenda.
- vi. A fluorescência é um fenômeno muito útil na visualização de impressões digitais. Produtos fluorescentes, como a Rodamina, por exemplo, permitem a visualização de impressões digitais quando fixadas apropriadamente e quando expostas à luz forense. Acerca do fenômeno de fluorescência e de conceitos correlatos, assinale a opção correta.

8.3.8 Sintetizando

Quando se planeja uma prática educativa, existe a possibilidade de previsão dos resultados que serão efetivamente aprendidos pelos alunos. Em contrapartida, é o interesse do aluno no que está sendo feito, o motivo impulsionador à participação, e a expectativa do que será realizado que irão nortear a aprendizagem e o comprometimento do aluno. Neste sentido, não se pode afirmar com certeza sobre o sucesso da prática educativa.

A prática investigativa utilizada neste episódio, enquanto instrumento mediador, para o ensino dos conceitos de fluorescência e fosforescência foi planejada intencionando criar oportunidades de aprendizagem numerosas (como a utilização de diversos instrumentos: lousa, diálogo, questionamentos, questionários, material didático, representação molecular e tecnologias de informação e comunicação – TIC's) e passíveis de transformação em aprendizado englobado no Nível de Desenvolvimento Real.

A Teoria da Atividade foi utilizada por fornecer subsídios para analisar a prática educativa e a atividade de aprendizagem dos alunos:

Os alunos foram desafiados a evidenciar quais são os materiais que sofrem o efeito de fluorescência e fosforescência quando expostos à radiação emitida por lâmpadas de luz negra. O grupo de alunos aceitou o desafio, motivados pela oportunidade de realizarem atividades experimentais no laboratório de Química, uma situação que não faz parte do contexto dos mesmos, tendo em vista que os experimentos não estão incluídos nos currículos comuns aos alunos sujeitos da pesquisa durante o ensino regular da educação básica. Para executarem os experimentos, os alunos realizaram levantamento de hipóteses que explicassem o brilho dos materiais quando expostos à luz negra e as respectivas características dos materiais. Posteriormente, experimentaram os materiais e durante a manipulação, unindo às explicações e discussões realizadas nos encontros anteriores, puderam confirmar ou refutar as hipóteses. Finalmente, puderam refletir sobre os procedimentos adotados e os resultados obtidos, compartilhando com o grupo em um momento específico.

Eram ações que puderam e foram desenvolvidas durante a atividade: manipulação e montagem da caixa negra, conexão da lâmpada de luz negra, retirada do gás da água tônica, testes com água com gás e refrigerante de limão, aquecimento e resfriamento da água tônica, maceramento de folhas para extração de clorofila com álcool etílico, lavagem de tecidos com sabão em pó, sabão em barra e detergente, etc.

O problema proposto estava em aberto, sem indicação dos procedimentos a serem executados para a solução, portanto, coube ao grupo delinear as ações a serem executadas a partir dos objetivos a serem atingidos, relacionando à solução do problema a ser investigado. À cada ação específica, existe um objetivo que é apreendido a partir da descrição da ação, como a apropriação de conceitos e conteúdos de Química. O objetivo não estava, necessariamente, ligado ao objeto da atividade como um todo, mas a articulação com as ações deve possibilitar a solução do problema, por exemplo: ao manipular a água tônica para retirada do gás, os alunos não estavam objetivando a compreensão do fenômeno da fluorescência. Esta foi apenas uma das ações que, coordenadas, colaboraram para a aprendizagem do objeto de estudo. Deve-se ressaltar que as operações, isto é, os meios de realizar cada ação, são dependentes das condições materiais fornecidas, como reagentes, vidrarias e equipamentos.

Esse foi um exemplo de atividade, demonstrando como as ações, dirigidas aos objetivos definidos, articulados e compartilhados, ligaram-se ao objeto da atividade: o ensino dos conteúdos químicos de fluorescência e fosforescência, enquanto tipos de luminescência, a partir da transição eletrônica prevista pelo modelo atômico de Bohr. Os

alunos, quando compreenderam o objetivo a ser alcançado, realizaram a atividade de maneira efetiva e consciente. Os objetivos, por sua vez, somente se ligaram à solução da necessidade de forma articulada e coletiva, o que pôde ser observado de maneira que ao analisarmos, isoladamente, a ação de misturar o sabão em pó com água ou o aquecimento da água tônica para retirada do gás, pudemos perceber que não caminharam diretamente para o objetivo da atividade – compreensão do conteúdo químico teórico que explica a fluorescência ou a fosforescência. Nas palavras de Moreira e colaboradores,

A forma como as ações propostas serão realizadas depende das condições dispostas pela situação objetual e isso implica em operações específicas dependentes do conhecimento prévio do grupo envolvido e dos instrumentos disponíveis para a realização das ações (2011, p. 20).

Neste sentido, só conseguimos compreender a atividade de aprendizagem enquanto unidade de análise – a compreensão do modelo atômico proposto por Bohr e as transições eletrônicas, de ida do estado fundamental para o estado excitado e seu respectivo retorno, como explicação da fluorescência e da fosforescência que fazem com que determinados materiais brilhem ao receberem radiação UV advinda das lâmpadas de luz negra presentes nas festas noturnas – a partir da relação permanente entre os elementos constituintes, ações e operações da atividade objetual realizada de maneira processual, em contínuo movimento, nunca fragmentados em entidades estanques. Quando isso acontece, deixamos claro que é apenas com a finalidade didática para entendimento do fenômeno como um todo.

À medida em que a dimensão do(s) grupo(s) concretizou-se na comunicação/interação entre os alunos, registrada em todos os diálogos transcritos até aqui, a produção e utilização de signos e instrumentos (manipulação da água tônica e compreensão de sua utilização, assim como das vidrarias e aparelhos), na representação das ações e respectivos objetivos (planejamento e execução das mesmas através do levantamento de hipóteses) e, principalmente, através da reflexão sobre tais elementos, podemos afirmar que houve desenvolvimento da práxis. Esta, entendida como unidade dialógica da teoria e da prática, como atividade de produção e de formação do ser consciente, permite a extrapolação da realidade imediata, superando a dominação (da tradição e sistema escolar objetivo e não reflexivo) e a alienação (imposta pela ausência da consciência sobre as ações). É a formação do ser plenamente dotado de consciência, a

partir da relação entre sujeito e objeto, que permitiu e permite a transformação da realidade almejando uma interação harmoniosa entre homem, sociedade e mundo natural (MOREIRA et al, 2011).

Nas palavras do autor,

Ao deixar-se tocar pelo objeto, agindo sobre ele, o sujeito elabora representações, produz imagens do objeto e do que ele deveria ser segundo o motivo/objeto da atividade na qual se engajou. Além disso, reflete sobre essas imagens, projeta suas ações, modifica o objeto de acordo com um fim que direciona e articula suas ações. O objeto, por sua vez, cuja existência é independente do sujeito, resiste à ação, provoca a reflexão do sujeito, modifica-o em sua forma de agir e pensar (p. 26).

É desta forma que podemos entender o sentido dialético da abordagem: a experiência não está reduzida ao experimento. Experiência é o que modifica o sujeito, a partir da relação com o objeto, é algo intrínseco de cada indivíduo como humano, em troca com o outro, com o mundo e com o objeto, a partir da atividade.

A mediação realizada durante as transcrições apresentadas objetivaram apreensão do conhecimento considerando a interação com o meio social, tendo em vista que a atividade objetual é intrinsecamente ligada aos papéis que cada sujeito exerce na sociedade. Não se pode esquecer que a atividade é o que irá consolidar o sujeito no contexto de vivência sendo, portanto, influenciada pela necessidade e pela forma como cada um assume a atividade proposta individualmente, por mais que possa ser modificada pela esfera coletiva.

Na perspectiva marxista, que representa os pressupostos e bases da Teoria da Atividade, o objeto do pensamento deve ser compreendido concomitantemente ao objeto da atividade prática. Sujeito e objetos formam unidade dialética que representa um potencial para mudança do sistema de atividades, dinamicamente. É neste sentido que os diálogos realizados para se ensinar os conteúdos de fluorescência e fosforescência puderam compreender como os alunos entendiam esses fenômenos – o que foi descrito como não-compreensível – e como imaginam a explicação teórica para os mesmos, assim como a representação.

A cada momento que o sujeito se deparou com uma informação científica que era contraditória ao seu conhecimento de senso comum ou cotidiano, contradições foram

despertadas. E foram estas contradições as responsáveis pelo raciocínio dialético e direcionadoras para a mudança e ampliação das zonas de desenvolvimento.

É difícil que os elementos constituintes da atividade (necessidade, atividade, ações, operações) sejam estudados separadamente, já que as relações internas que os caracterizam e suas inter-relações devem ser levadas em conta, já que podem trazer modificações durante o desenvolvimento da atividade. Entretanto, para fins didáticos de análise, tentamos analisar os fragmentos de atividades com uma lupa sobre cada uma delas.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Colocar o sujeito em atividade é condição norteadora para a execução de práticas experimentais investigativas. A busca por solucionar o problema proposto é o motivo da atividade, que satisfaz a necessidade, a partir do engajamento dos alunos e mediação do professor nas atividades, coincidindo com o objeto – condição para que os sujeitos estejam em atividade.

Pude verificar, pela análise dos dados obtidos na parte pedagógica e na parte operacional, considerando os três episódios de ensino aplicados, que as atividades desenvolvidas auxiliaram para que os alunos assumissem a necessidade de adquirir conhecimento químico para solucionar as problemáticas propostas, a nível psicológico, que transcende o biológico. Através da análise das transcrições dos diálogos, pude perceber, também, que a construção do conhecimento se deu a partir da interação com outros pares, para posterior interiorização, em uma esfera social, cultural e histórica. As palavras, expressões e objeções utilizadas (escritas e faladas) pelos alunos durante a execução das atividades nos encontros possibilitaram afirmar sobre o movimento de apropriação de conhecimentos.

De fato, os resultados provenientes das três atividades experimentais realizadas são indicativos de progresso nos conceitos químicos trabalhados, com considerável aceitação dos estudantes, principalmente quando referido ao segundo e terceiro episódios de ensino, em que a participação dos alunos foi completamente espontânea e efetiva, sem negociação de valores ou poderes. O motivador da atividade e os objetivos planejados foram atingidos, baseados na análise dos resultados e na discussão.

Para o primeiro episódio de ensino, de tema gasolina, alguns alunos não adotaram a atividade experimental investigativa como uma atividade, como proposta por Leontiev, como uma atividade de ensino impulsionada por um motivo, mas sim somente como uma tarefa a ser cumprida no contexto escolar.

Para o segundo episódio, de tema perfumes, os alunos assumiram as aulas e seus desdobramentos como atividade de aprendizagem ativa, observado através da análise dos diálogos e discussões travadas, resultando em aprendizagem dos conceitos de “solubilidade” e “separação de misturas”, ampliando as zonas de desenvolvimento dos sujeitos.

Ao tratar sobre o terceiro episódio, é possível afirmar categoricamente que todos os alunos, mesmo que em níveis diferentes, estiveram em atividade de aprendizagem. Essa afirmação é baseada na resposta dos questionários, nas falas dos alunos durante os encontros, no relato final e, principalmente, pelo modo como realizaram a atividade experimental investigativa no quarto encontro, podendo confirmar ou refutar as hipóteses levantadas anteriormente, durante o planejamento. A reflexão, a sistematização dos resultados, a socialização e a formalização, também exerceram ampliação nos níveis de desenvolvimento real e, conseqüentemente, proximal, dos sujeitos; além de, principalmente, terem contribuído para o desenvolvimento de criticidade e faculdades mentais superiores como a capacidade de tomada de decisão, interpretação, julgamento e habilidade para propor soluções de problemas não-triviais apresentados.

Foi possível identificar movimento e dinamismo para ampliação do Nível de Desenvolvimento Real da estrutura cognitiva do aluno no processo de conhecimentos, a respeito de “forças intermoleculares”, “solubilidade” e “luminescência”.

Além disso a experimentação em abordagem investigativa de ensino consiste em um instrumento técnico e ao mesmo tempo psicológico, hibridamente, interessante para o processo de ensino e aprendizagem, ainda mais quando analisada a partir do conceito de atividade, proposto por Leontiev, que atualmente, tem sido utilizado não só na esfera da Psicologia, mas em contextos de práticas educacionais, também. A experimentação investigativa foi capaz de despertar a atividade de aprendizagem de modo que mediasse a relação dos sujeitos com o mundo.

A atuação enquanto professor esteve relacionada ao desenvolvimento de aulas no caráter proposto pela teoria histórico-cultural, para que, no momento da coleta de dados, os alunos estivessem acostumados com a metodologia empregada, e se sentissem livres para opinar e interromper o processo com reiteraões sobre o conteúdo ou mesmo dúvidas e discordâncias. Houve crescimento enquanto professor, ao elaborar o mini-curso e mobilizar estratégias para aplicação e posterior análise avaliativa. Enquanto pesquisador, a recíproca é verdadeira, ao considerar a atividade científica e rigor metodológico adotado durante a pesquisa.

Concluo que, dentro dos objetivos propostos inicialmente, a experimentação investigativa, enquanto **recurso facilitador de aprendizagem, ou enquanto instrumento mediador** colabora para o aprendizado eficaz dos sujeitos, a partir do momento que os mesmos assumem o trabalho como uma atividade impulsionada por um motivo ligado a uma necessidade a ser satisfeita. A ação está atrelada ao aprendizado,

indissociável do domínio das operações que devem ser coordenadas para se atingir os objetivos, sendo necessário refletir sobre conceitos já aprendidos, a fim de adquirir novas aprendizagens, maiores, e melhores. O recurso não apresenta potencial em si mesmo, ou seja, não é autônomo garantindo aprendizagem total dos conceitos, excluindo outras atividades como a mediação do professor, o estudo individual, exercícios e observação de fatos que reforçam a aprendizagem. Ele é dependente de como e quanto os sujeitos do processo assumem a atividade como fruto da própria cultura e ação humanas.

Identificamos, a partir da execução e análise do trabalho, que a experimentação de caráter investigativo, utilizada dentro de sequências didáticas no formato de minicursos temáticos, contribui efetivamente para o despertar de interesse pela aprendizagem, necessidade de mobilizar ações para solucionar a problemática apresentada e consolidar motivos em uma atividade educativa. Condição para que isso aconteça, é a mediação do professor, que deve ser executada de maneira e em momentos adequados para a condução do processo educativo, a fim de que o educador seja um motivador, um impulsionador, ou ainda um desafiador para o desenvolvimento dos alunos. Devemos, portanto, considerar quais os objetivos requeridos para a execução da atividade, assim como quais habilidades deseja que o aluno desenvolva.

A partir da análise do trabalho, identifiquei a importância de se investir em formação continuada de professores, para que os mesmos tenham contato e conheçam quais as metodologias de ensino atuais e que apresentam potencial de aprendizagem, se bem utilizadas. Discuti no início do trabalho, em contrapartida, quais são os álibis apresentados por eles para não utilizar a experimentação em sala de aula. Contrastando a fala, demonstramos a possibilidade de trabalhar conceitos químicos em aulas experimentais. A atividade prática pode ser utilizada antes, durante ou depois o ensino de alguns conceitos, por isso, é importante que o professor tenha claro quais são os conhecimentos prévios, necessários para a aplicação do recurso demonstrado.

Finalmente afirmo que trabalhar no planejamento, elaboração e aplicação de episódios de ensino, contendo atividades experimentais investigativas, representou uma atividade, movida por um motivo, como um trabalho metalinguístico. Pude colocar em prática a teoria que sempre estudamos em ambientes acadêmicos, resgatando as discussões realizadas nas disciplinas de Laboratório de Ensino e Estágio, a fim de criar uma atividade orientadora de ensino. Os resultados nem sempre são os que esperamos, mas é isso que nos faz refletir sobre a prática e o motivo de não ter havido uma necessidade que desencadeasse a atividade, ou ainda quais as condições que

influenciaram na coordenação de operações, que ainda não estão na esfera consciente e nem no nível de desenvolvimento real.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. B. Introdução à estrutura da matéria. In: Amaral, L.O.F. e Almeida, W. B. de (Eds.). **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola** (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular), n. 4, p. 3, 2001.

ALMEIDA, W. B.; SANTOS, H. F. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. Em: Amaral, L. O. F. e Almeida, W. B. de (Eds.). **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola** (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular), n. 4, p. 6-13, 2001.

AMARAL, E. M. R. Avaliando contribuições para a formação docente: uma análise de atividades realizadas no PIBID-Química da UFRPE. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 229-239, 2012.

ARTHUR, T. **A Evolução das Atividades Experimentais em Livros Didáticos de Química**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

AVALOS, S. H. Experiencias para observar el fenómeno de fluorescencia con luz ultravioleta. **Revista Eureka**, v. 5, n. 3, p. 377-381, 2008.

ASBAHR, F. S. F. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. **Revista Brasileira de Educação**, n. 29, maio/jun./jul./ago., p. 108-118, 2005.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33, 2004.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Trad. Lucie Didio. Brasília: Líber Livro Editora, 2007. 159 p.

BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105-122, 1999.

BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. O laboratório didático no ensino de Química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 48/2, p. 1-10, 2009.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução de Maria João Alvarez; Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Portugal: Porto Editora, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229p.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciência da Natureza Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação / Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002, 144 p.

CACHAPUZ, A.; GIL PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. A **Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Editora Cortez, 2005.

CAMILLO, J. **Experiências em Contexto: A Experimentação numa Perspectiva Sócio-cultural-histórica**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COSTA, M. L.; SILVA, R.R. da. Ataque à pele. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 3-7, 1995.

DALRI, J.; RODRIGUES, A. M.; MATTOS, C. R. A atividade de aprendizagem, a internalização e a formação de conceitos no ensino de física. In: **XVII SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Luis, 2007.

DAVYDOV, Vasili Vasilievich. **Tipos de generalización en la enseñanza**. 3ª ed. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982. 485p.

DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 305-314, 1998.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, n. 7, p. 5-12, 1994.

DUARTE, N. A teoria da atividade como uma abordagem para a pesquisa em educação. **Perspectiva**, v. 20, n. 2, jul/dez, p. 279-301, 2002.

DUSCHL, A. R. **The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation and Language of Science**. Disponível em http://www7.nationalacademies.org/bose/RDuschl_comissioned_paper_71204_HSLabs_Mtg.pdf. Acesso em dezembro de 2012.

ESPIMPOLO, D. M.; IAMAMOTO, Y.; ABREU, D. G. Atividade Orientadora de Ensino e a apreensão de conhecimentos em Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p. 105-129, 2012.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Análise e validação de uma sequência de ensino com abordagem CTS: o descarte de pilhas e baterias. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 8, 2011, Campinas. Resumos... Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

GALIAZZI, M. C. Seria tempo de repensar as atividades experimentais no ensino de Ciências? **Educação**, ano XXIII, n. 40, PUCRS, p. 87-111, 2000.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GARCIA BARROS, S.; ¿Qué hacemos habitualmente en las actividades prácticas? ¿Como podemos mejorarlas?. In: SEQUEIRA, M.; DOURADO, L.; VILA, M. T.; SILVA, J. L.; AFONSO, A. S.; BAPTISTA, J. M. (orgs.). **Trabalho prático e experimental na educação em ciencias**. Braga: Instituto de Educação e Psicologia – Universidade do Minho, 2000.

GARNIER, C.; BEDNARZ, N.; ULANOVSKAYA, I. Das diferentes visões de perspectiva didática. In: GARNIER, C. et al (org.). **Após Vigotski e Piaget: perspectiva social e construtivista. Escola russa e ocidental.** Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GEERTZ, C. Uma descrição densa: por uma teoria interpretativa da cultura. In: GEERTZ, C. **A Interpretação das Culturas.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 13-41, 1989.

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las practicas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GIORDAN, M.O papel da Experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por resolução de problemas e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 203-209, 2009.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciência & Cognição**, v. 12, p. 96-109, 2007.

HARRISON, A.; DE JONG, O. Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n. 10, p. 1135-1159, 2005.

HODSON, D. Experimentos em Ciências e Ensino de Ciências. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, p. 53-66, 1988.

HODSON, D. Hacia un Enfoque más critico del Trabajo de laboratorio. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. **Educación Química**, v. 16, n.1, p. 30-38, 2005.

HOFSTEIN, A. The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. **Chemistry Education Research and Practice**, n. 5, v. 3, p. 247-264, 2004.

HOFSTEIN, A; LUNETTA, V. N. Laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

LEITE, L.; FIGUEIROA, A.; **Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias**. Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales, v. 39, p. 20-30, 2004.

LEONTIEV, A. N. O homem e a cultura, p. 261 - 284. In: LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978a.

LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKI, L. S., LURIA, A. R., LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1978b.

LEONTIEV, A. N. **Actividad, Conciencia y Personalidad**. La Habana Editorial Pueblo y Educación. 1985.

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Dabydov. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, 2004.

LÜDKE, M.; BOING, L. A.; OLIVEIRA, A. T. C. C; CRUZ, G. B.; SCHAFFEL, S. L. **O que conta como pesquisa?** São Paulo: Cortez, 2009.

MACHADO, P. F. L., MÓL, G. S. Experimentando Química com Segurança. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 57-60, 2008.

MAGALHÃES, M. C. C. O método para Vygotsky: A Zona de Desenvolvimento como zona de colaboração e criticidade criativa. In: Damianovic, M. C.; HAWI, M. M.; SCHETTINI, R.; SZUNDY, P. (orgs.). **Vygotsky: uma revisita no início do século XXI**, 2009.

MARX, K. **O Capital**: crítica da economia política. Volume I, São Paulo, Abril Cultural, 1983.

MORAES, C. S. V. A reforma do ensino médio e a educação profissional. **Trabalho e Educação**, Belo Horizonte, n. 3, p. 107-117, 1998.

MOREIRA, A.; PEDROSA, J. G.; PONTELO, I. O Conceito de Atividade e suas Possibilidades na Interpretação de Práticas Educativas. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 03, p. 13-29, 2011.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

MOURA, M. O. A atividade de ensino como ação formadora. In: CASTRO, A.; CARVALHO, A. (orgs). **Ensinar a ensinar**: didática para a escola. São Paulo: Editora Pioneira, 2001.

MOURA, M. O. Atividade orientadora de ensino: unidade entre ensino e aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 10, n. 29, p. 205-229, jan./abr., 2010.

MOURA, M. O. de; ARAÚJO, E. S.; RIBEIRO, F. D.; PANOSSIAN, V. D. M. A atividade orientadora de ensino como unidade entre ensino e aprendizagem. In: MOURA, M. O. de. (Org.). **A atividade pedagógica na teoria histórico-cultural**. Brasília: Liber livro, 2010.

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e Estrutura Atômica: Experimentos Simples para Abordar o Tema. **Química Nova na Escola**, n. 19, p. 39-42, 2004.

NUÑEZ, I. B.; FARIA T. C. L. de. O enfoque sócio-histórico-cultural da aprendizagem: os aportes de L. S. Vygotsky, A. N. Leontiev e P. Ya Galperin. In: NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática**: o novo ensino médio. Poro Alegre: Sulina, 300 p., 2004.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2006.

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. 139-156. 2010.

OLIVEIRA, N. **Atividades de experimentação investigativas lúdicas no ensino de Química: um estudo de caso.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Goiás, 2009.

OLIVEIRA, R. C. **Química e cidadania:** uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2009.

OSÓRIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes comerciais. **Química Nova**, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.

PORLÁN, R., MARTÍN, J. **El diario del profesor:** un recurso para la investigación en el aula. Sevilla: Díada Editora, 1997. (Coleção Investigación y Enseñanza)

REGO, T. C. **Vygotsky:** uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Editora Vozes, 2007.

REIGOSA CASTRO, C. E. R.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 18, p. 275-284, 2000.

RITZMANN, C. D. S. **O jogo na atividade de ensino Um estudo das ações didáticas de professores em formação inicial.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2009.

RUBTOSV, V. A atividade de aprendizagem e os problemas referentes à formação do pensamento teórico dos escolares. In: GARNIER, C. et al (org.). **Após Vigotski e Piaget:** perspectiva social e construtivista. Escola russa e ocidental. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SAINT-EXUPÉRY, A. **O Pequeno Príncipe.** 48 ed. Rio de Janeiro: Agir, 2006.

SANTOS, E. D. **A experimentação no ensino de ciências de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental:** tendências da pesquisa acadêmica entre 1972 e 1995. Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas, 2001.

SANTOS, W.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química:** Compromisso com a Cidadania. 3ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. **Química cidadã**: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais. 1 ed., v. 1, São Paulo: 2010. (Coleção química para a nova geração)

SARTORI, P.R.S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 2, 2009.

SAVIANI, Demerval. **Escola e Democracia**. Edição Comemorativa. Campinas: Autores Associados, 2008. 112p

SCAPPATICCI, A. L. S.; IACOPOIN, E.; BLAY, S. L. Estudo de fidedignidade inter-avaliadores de uma escola para avaliação da interação mãe-bebê. **Revista de Psiquiatria**. Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 39-46, 2004.

SCHNETZLER, R. P. **O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos para o ensino secundário de Química de 1875 a 1978**. Campinas, UNICAMP, 1980. Dissertação de Mestrado.

SICCA, N. A. L. **A experimentação no Ensino de Química – 2º grau**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas 1990.

SILVA, B. **Jogo didático**: Uma ferramenta para o ensino de Química Inorgânica. 2013. 116 p. Qualificação de Mestrado – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2013.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2010, p. 231-261.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. Considerações Práticas. In: STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa**: Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada. Porto Alegre: Artmed, 2008. cap. 4, p. 47-62.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 1998, 108 p.

TUNES, E.; PRESTES, Z. Vigotski e Leontiev: Ressonâncias de um passado. **Cadernos de Pesquisa**, v. 39, n. 136, p. 285-314, jan./abr., 2009.

USBERCO, J., SALVADOR, E. **Química - volume único**. 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Atlas, 2009. 176 p.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 3. ed. 2005.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo, Editora Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **Psicologia Pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes Editora, 2010.

VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1989.

ZANON, L. B. & SILVA, L. H. A. A Experimentação no Ensino de Ciências. In: SHCNETZLER, Roseli P., ARAGÃO, Rosália M. R. (org.) **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000, p. 120-153.

ZANON, D. A.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciência & Cognição**, v. 10, p. 93-103, 2007.

ZOLLER, U.; DORI, Y.; LUBEZKY, A. Algorithmic and LOCS and HOCS (Chemistry) Exam Questions: Performance and Attitudes of College Students. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 2, 2002, p. 185-203.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n.3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Autorização da Escola Estadual Samuel Engel



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000, Fax: (35) 3299-1063



Alfenas, 17 de Setembro de 2012.

À diretora da Escola Estadual “Dr. Emílio Silveira”

Autorização

Venho, por meio desta, pedir autorização à diretora da Escola Estadual Dr. Emílio Silveira para a realização da pesquisa com os seus alunos referente ao projeto de pesquisa intitulado “**Experimentação investigativa: Como entender as aprendizagens a partir da Teoria da Atividade**”, no qual sou pesquisador responsável. Este projeto será desenvolvido pelo aluno do Programa de Pós-Graduação em Química da UNIFAL-MG, Rafael Salgado Silva. Os dados referentes à avaliação do material serão coletados por meio de vídeo gravação, áudio gravação, diário de campo, e questionários, sem identificação do respondente, garantindo sigilo absoluto sobre as questões respondidas, que permitirão contribuições no processo de aprendizagem e de natureza conceitual. A divulgação do trabalho terá finalidade acadêmica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado. Aos participantes cabe o direito de retirar-se do estudo em qualquer momento, sem prejuízo algum. Sem mais, coloco-me a disposição para qualquer esclarecimento.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Fabio Luiz Pissetti
 pissetti@unifal-mg.edu.br
 Instituto de Química
 Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 – Alfenas (MG)

Elizabet Cristina Pereira Rodrigues Gadbem
 Diretora da Escola Estadual “Dr. Emílio Silveira”

Apêndice B – Material fornecido no episódio de ensino I: O que é gasolina?



MINISTERIO DA EDUCACAO
 Universidade Federal de Alfenas Unifal-MG
 Rua Gabriel Monteiro de Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000, Fax: (35) 3299-1063



Gasolina

O que é?

A gasolina é o combustível derivado do petróleo mais popular no Brasil. Seu consumo aumentou significativamente nos últimos anos (de 13,8 bilhões de litros em 1995 para 17 bilhões em 2010, mas agora vem diminuindo devido à elevação do consumo de etanol e biocombustíveis, tendo em vista a preocupação com o meio ambiente). Combustível é qualquer substância que reage com oxigênio ou outro comburente liberando energia quando ocorre uma mudança em sua estrutura química. Possui energia acumulada e pode queimar com facilidade. São usados, geralmente, para gerar energia e movimentar automóveis e máquinas. A gasolina é constituída basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por produtos oxigenados (produtos que possuem átomos de oxigênio em sua fórmula química) como o álcool etílico. Existem, também, em sua composição, em baixas concentrações compostos de enxofre, nitrogênio e compostos metálicos.

A gasolina automotiva é produzida de modo que atenda a alguns requisitos de qualidade definidos pelo Departamento Nacional de Combustíveis (DNC) e Agência Nacional de Petróleo (ANP). Tais requisitos visam garantir que o produto atenda às exigências dos motores e permita que a emissão de poluentes seja mantida em níveis aceitáveis.

Lei rege porcentagem do álcool na gasolina

De acordo com a Lei 10.201/01, a gasolina aditivada, assim como a comum, deve receber entre 20% e 24% de álcool etílico anidro combustível. Em 2006, a Resolução 35 da Agência Nacional do Petróleo (ANP) fixou em 23% o percentual de mistura de álcool nas gasolinas, a partir de 1 de Março daquele ano.

Fonte: <<http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/cidadania/Gasolinaaditivada/not009.htm>>
 Acessado em 24/11/2012

O álcool etílico tem papel vital na combustão da gasolina. Uma das funções é reduzir a taxa de produção de monóxido de carbono (gás tóxico e que colabora com o efeito estufa e aquecimento global).

Se a gasolina está adulterada, o veículo pode perder desempenho e, conseqüentemente, consumir mais combustível. A gasolina adulterada representa risco para o bom funcionamento do carro. O uso frequente de combustível adulterado pode causar:

- Entupimento da bomba de gasolina fazendo o carro falhar e o motor “morrer”, sendo preciso das partidas várias vezes;
- Corrosão do sistema de injeção eletrônica (conjunto de peças que injetam a quantidade exata de gasolina nos cilindros para o motor funcionar, evitando desperdícios);
- Acúmulo de resíduos na parte interna do motor;
- Instabilidade da marcha lenta e engasgos no motor.

Desvantagens do uso da gasolina: Por se tratar de um combustível fóssil, sua queima provoca a emissão de gases poluentes, responsáveis pelo efeito estufa e aquecimento global. Outra desvantagem do uso da gasolina é por ela ser uma fonte de energia não-renovável.

Fonte: <<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/liquidos/gasolina/gasolina.htm>>
Acesso em 24/11/2012

Material de nivelamento: Regra de três



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas. Unifal-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000. Fax: (35) 3299-1063



Nome: _____

Regra de Três Simples

O que é regra de três?

É um processo prático para resolver problemas que envolvam quatro valores dos quais conhecemos três deles. Devemos, portanto, determinar um valor a partir dos três já conhecidos. Passos utilizados:

- Construir uma tabela, agrupando as grandezas de mesma espécie em colunas e mantendo na mesma linha as grandezas de espécies diferentes em correspondência;
- Identificar se as grandezas são diretamente ou inversamente proporcionais;
- Montar a proporção e resolver a equação.

Exemplo: Um automóvel percorre um espaço de 480 km em 2 horas. Quantos quilômetros ele percorrerá em 6 horas?

Grandeza 1: Distância percorrida

Grandeza 2: Tempo gasto

Resolução:

Distância 1 = 480 km em 2 horas

Distância 2 = ? km em 6 horas

Exercícios:

1. Um aluno que realizou a prova do ENEM com 90 questões acertou 67. Qual foi a porcentagem de acerto?
2. Uma fonte fornece 39 litros de água em 5 minutos. Quantos litros são fornecidos em 24 horas (um dia completo), se o funcionamento da fonte for constante e ininterrupto?
3. Se uma garrafa de refrigerante contém 1,25L e isso representa 62,50% de sua capacidade, calcule a capacidade volumétrica dessa garrafa.

Apêndice C – Questionário 1: episódio de ensino I



MINISTERIO DA EDUCACAO
Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG
Rua Gabriel Monteiro de Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1000, Fax: (35) 3299-1063



Questionário 1

1. O que são moléculas?
2. Você já ouviu a expressão “forças intermoleculares”? Se já, o que você acha que significa?
3. Represente através de desenho, da forma como achar mais conveniente, moléculas polares e apolares. Se necessário, utilize legendas.

4. Represente, através de desenho, o que acontece quando misturamos açúcar e água.

5. Por que um refrigerante perde gás depois de aberto ou muito tempo fora da geladeira? O que significam as bolhas no refrigerante e na cerveja?
6. Misturar e dissolver são a mesma coisa? O que significa dizer que uma substância é solúvel em outra?

Apêndice D – Questionário 2: episódio de ensino I

MINISTERIO DA EDUCACAO
Universidade Federal de Alfenas. Unifal-MG
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1000. Fax: (35) 3299-1063

Questionário 2

1. Marque quais substâncias estarão dissolvidas em água:
 - a. Alcool etílico
 - b. Óleo de granola
 - c. Sal de cozinha
 - d. Acetona
 - e. Gasolina

2. Desenhe como você imagina as substâncias nos respectivos estados: sólido, líquido e gasoso.

--	--	--

3. Discorra sobre como a temperatura pode influenciar na solubilidade de uma substância em outra.

4. O que são forças intermoleculares? Quais você conhece? Elas estão relacionadas à solubilidade?

5. Por que quando nossa mão está suja de gordura, não conseguimos limpar a mão apenas com água? Por que ao utilizar o detergente a mão fica limpa?

Apêndice E – Autorização da Escola Estadual Samuel Engel



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas. Unifal-MG
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1000. Fax: (35) 3299-1063



Alfenas, 18 de Março de 2013.

À diretora da Escola Estadual Samuel Engel

Autorização

Venho, por meio desta, pedir autorização à diretora da Escola Estadual Samuel Engel para a realização da pesquisa com os seus alunos referente ao projeto de pesquisa intitulado "**Experimentação investigativa: Como entender as aprendizagens a partir da Teoria da Atividade**", no qual sou pesquisador responsável. Este projeto será desenvolvido pelo aluno do Programa de Pós-Graduação em Química da UNIFAL-MG, Rafael Salgado Silva. Os dados referentes à avaliação do material serão coletados por meio de vídeo gravação, áudio gravação, diário de campo, e questionários, sem identificação do respondente, garantindo sigilo absoluto sobre as questões respondidas, que permitirão contribuições no processo de aprendizagem e de natureza conceitual. A divulgação do trabalho terá finalidade acadêmica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado. Aos participantes cabe o direito de retirar-se do estudo em qualquer momento, sem prejuízo algum. Sem mais, coloco-me a disposição para qualquer esclarecimento.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Fabio Luiz Pissetti
pissetti@unifal-mg.edu.br
Instituto de Química
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 – Alfenas (MG)

Meire Aparecida Ribeiro
Diretora da Escola Estadual Samuel Engel

Apêndice F – Material fornecido no episódio de ensino II – O que são perfumes?



PERFUMES

Do latim perfume significa “aquilo que dissipa através da fumaça” (*per* significa origem de, através de, e *fumare* significa fumaça). Os perfumes são uma das mais importantes formas de comunicação entre as pessoas. Ao escolher uma fragrância, tentamos transmitir através dela nossa personalidade, nossos sentimentos e quais nossas vontades ou intenções. Através do perfume, somos notados e deixamos nossa marca. Todos temos preferências por determinados aromas, os quais são capazes de mudar nosso humor e despertar emoções e lembranças. O olfato é, provavelmente, o sentido mais primitivo, e tem a capacidade de nos recordar experiências passadas de forma que as mensagens olfativas sejam enviadas para áreas do cérebro associadas à memória, emoção e à criatividade.

Mas o que é um perfume? O que ele contém?

Os perfumes são soluções que contêm substâncias aromáticas com um cheiro agradável e penetrante. O principal constituinte de um perfume é a essência (óleo essencial). Portanto, um perfume é uma mistura complexa de compostos orgânicos fragrantes (substâncias odoríferas), chamados de essência. As essências podem ser naturais ou sintéticas. As de origem natural, geralmente, são extraídas de plantas, flores, raízes ou animais selvagens. O perigo de extinção de algumas espécies vegetais e animais, e a busca de novas essências, inclusive para baratear o custo, conduziu a química aos “perfumes de laboratório”, ou seja, a criar essências sintéticas, que reproduzem – ou tentam – os aromas naturais.

As fragrâncias características dos perfumes eram obtidas durante muito tempo, apenas, a partir de óleos essenciais extraídos de flores, plantas, raízes e animais, e esse óleos receberam, então, o nome de óleos essenciais porque continham a essência, ou seja, aquilo que confere à planta seu odor característico. Os óleos são obtidos de maneira emulsionada, geralmente, e sua cor vai de transparente a levemente amarelada. Os químicos já identificaram cerca de três mil óleos essenciais, sendo que cerca de 150 são importantes ingredientes de perfumes. O odor é correspondente ao do principal constituinte do óleo essencial.

Para que os óleos sejam utilizados com o fim de fragrância de perfume, eles devem ser separados do resto da matéria (planta ou animal). As técnicas de separação baseiam-se em suas diferenças de solubilidade, volatilidade e temperatura de ebulição. Existe a extração por solventes (que utiliza o éter de petróleo – mistura de hidrocarbonetos) para extrair óleos essenciais de flores, enflourage (matéria prima fica de molho em repouso por longo tempo),

destilação por arraste a vapor (utiliza-se a corrente de vapor como extratora). Alguns óleos essenciais chegam a ter mais de 30 componentes ou substâncias químicas. Segundo o Comitê Francês do Perfume, os perfumes classificam-se em sete grupos fundamentais:

a) Cítricos:	São óleos obtidos da casca de frutas como o limão, a laranja e a bergamota. É nesse grupo que se encontram as primeiras "Águas de Colônia".
b) Florais:	São obtidos a partir das flores. Família de grande importância que se subdivide em: <ul style="list-style-type: none"> • Bouquet floral; • Floral verde; • Floral aldeídico; • Floral amadeirado, etc.
c) Chipre	São perfumes baseados principalmente nos acordes do patchouli, da bergamota e da rosa.
d) Amadeirados	Perfumes com notas suaves como o sândalo e o patchouli e, algumas vezes secas como o cedro e o vetiver.
e) Âmbar:	São perfumes com notas suaves e abaulhadas. Muitas vezes são chamados de orientais.
f) Couro	São perfumes com notas secas (ou muito secas) que tentam reproduzir o odor característico do couro, da madeira queimada e do tabaco.
g) Filifolhas (feto)	São perfumes que compreendem um acordo entre notas de lavanda, bergamota, gerânio, etc...

As fragrâncias também são utilizadas em hidratantes, xampus, desodorantes, produtos de limpeza e até em bancos de carro que imitam couro.

Geralmente, os perfumes são compostos pela fragrância (óleo essencial), água, solvente e fixadores. Os fixadores são substâncias responsáveis pelo retardamento da evaporação da essência, ou seja, procuram prolongar os efeitos do perfume. É comum, também, adicionar o propileno glicol para aumentar a solubilidade da essência no solvente.

É comum o mesmo perfume apresentar odores diferentes de acordo com cada pessoa que está utilizando. Isso ocorre porque os odores corporais são únicos, e são produtos da alimentação, dos lipídios e ácidos graxos que a pele exala, ou seja, de características pessoais. A temperatura da pele é um fator que interfere diretamente, também, na vaporização do perfume e, portanto, no cheiro que ele exala.

	Fração em volume da essência (mL da essência/ L da mistura)	Composição do solvente (etanol: água) / mL: mL
Perfume	15% (150 mL/L)	950 : 50
Loção perfumada	8% (80 mL/L)	900 : 100
Água de toalete	4% (40 mL/L)	800 : 200
Água de colônia	3% (30 mL/L)	700 : 300
Deocolônia	1% (10 mL/L)	700 : 300

Curiosidades sobre perfumes

- A paixão pelos perfumes alcançou seu auge nas cortes francesas do século XVIII, quando Luís XV decretou que para cada dia da semana deveria haver uma fragrância diferente na corte. Madame Pompadour (1721-1764) teria gasto o equivalente a R\$250 000,00 em perfumes.
- Arqueólogos que abriram o túmulo do faraó Tutankhamon em 1922 encontraram vasos com um óleo perfumado conhecido como Kiphi. Após 3 300 anos, traços do aroma ainda puderam ser detectados.
- O ano de 1900 representou o auge no comércio do óleo de almíscar (musk), quando cerca de 1400 kg do óleo foram coletados, causando a morte de 50 mil animais.
- Atualmente, o comércio mundial do óleo de almíscar natural é limitado a 300 kg por ano, o que ainda representa a morte para alguns milhares de veados almiscareiros.
- O óleo de jasmim natural custa cerca de R\$ 5 000,00 por quilograma. A mesma quantidade da fragrância artificial chega a custar R\$ 5,00.
- São necessárias cinco toneladas de rosas para se obter um quilograma de óleo essencial.
- É famosa a carta que Napoleão escreveu a Josefina dois meses antes de retornar: "Pare de tomar banho! Estou voltando!"
- O profeta e fundador do islamismo, Maomé, acreditava no poder dos perfumes e, segundo dizem, teria afirmado certa vez: "Três coisas são importantes para mim na Terra: mulheres, perfumes e orações." Numa outra ocasião, teria dito: "O perfume é o alimento que nutre meus pensamentos."
- Um quilograma de óleo essencial de jasmim requer para ser obtido cerca de oito milhões de flores.

Bibliografia de apoio:

DIAS, S. M.; SILVA, R. R. Perfumes uma química inesquecível. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 3-6, 1996.

GUIMARÃES, P. I. C.; OIVEIRA, R. E. C.; ABREU, R. G. Extrairdo óleos essenciais de plantas. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 45-46, 2000.

Apêndice G – Questionário 1: episódio de ensino II



PERFUMES

Questionário 1:

1. Dê exemplos do que você acha que é uma mistura que você tem contato no dia-a-dia.

2. O que tem nos exemplos que podem ser caracterizados como mistura?

3. Classifique as misturas acima como HOMOGÊNEAS ou HETEROGÊNEAS.

4. Proponha métodos de separação de:

a) Deseja-se retirar o álcool etílico do vinho.

b) Fios da palha de aço da areia.

c) Óleo essencial do restante do perfume.

5. Expresse, através de desenho, e utilize legendas, se necessário, algumas dessas misturas – e suas substâncias se possível.

Apêndice H – Questionário 2: episódio de ensino II



PERFUMES

Questionário 2:

1. O que tem em um perfume? Identifique seus componentes.

2. Qual é a substância que dá cheiro (aroma) ao perfume?

3. O que você entende por óleo essencial?

4. O que você entendeu sobre a extração por arraste a vapor?

5. Represente, por meio de desenho, uma extração por arraste e vapor, e explique cada uma das etapas do processo.
6. Supondo que você é um perfumista e que você tem a possibilidade de fazer perfume de várias matérias-primas (como por exemplo, cravo, canela, rosa, limão, etc...) qual você escolheria e por quê? Relacione com o preço.

7. Diferença entre água de cheiro, desodorante corporal, eau de parfum, desodorizador de roupa.

Apêndice I – Material fornecido no episódio de ensino III: O que é luz?



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas. UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 Alfenas/MG
 CEP 37130-000
 Fone: (35) 3299-1000, Fax: (35) 3299-1063

MINI-CURSO: A QUÍMICA DAS LUZES
Aula 1



A Luz: O que é?

Todas as atividades do cotidiano são permeadas por objetos e coisas que os nossos olhos veem, e isso é resultado de uma atividade que não requer uma conexão direta entre os nossos olhos e tais coisas. Então, como isso acontece? O que a luz tem a ver com isso? A realidade é que, o que estamos vendo é a luz. Luz esta que, de alguma forma interage com os objetos e reflete de forma a entrar em contato com nossos olhos.

A luz é uma forma de *energia* que pode ser liberada por um átomo. Ela é feita de várias partículas pequenas, como se fossem pacotes, que têm energia e força, mas não têm massa. Estas partículas, chamadas fótons, são as unidades fundamentais da luz. Dessa forma, tal energia chega até nossos olhos através de ondas viajantes, que são a luz.

As ondas de luz não precisam de um meio para se deslocar, pois elas podem viajar no vácuo. Uma onda de luz consiste de energia na forma de campos elétricos e magnéticos. Os campos vibram perpendicularmente à direção do movimento da onda e perpendiculares uns aos outros. Devido ao fato da luz ter tanto um campo elétrico quanto magnético, também é chamada de radiação eletromagnética.

Assim, as ondas luminosas possuem diversos tamanhos, pois podem conter diferentes quantidades de energia, ou seja, o tamanho da onda está relacionado com a quantidade de energia que a mesma apresenta. O tamanho de uma onda é medido como o seu comprimento de onda. O comprimento das ondas de luz que podemos ver, chamado de *luz branca*, varia de 400 a 700 bilionésimos de metro (o mesmo que um metro dividido por um bilhão), entretanto, existem outros comprimentos de onda que não podemos ver, mas este é um assunto que aprofundaremos mais adiante.

Um objeto muito conhecido por todos e que fornece luz quando precisamos, são as lâmpadas. Diante disso, podemos falar um pouco delas.

Como as lâmpadas funcionam?

Geralmente, as lâmpadas elétricas têm uma estrutura muito simples. Na base, existem dois contatos de metal, que são ligados a dois fios rígidos, que são conectados ao filamento de metal fino. O filamento fica no meio da lâmpada, protegido por uma cápsula de vidro. Os fios e o filamento estão dentro da lâmpada de vidro, que é cheia de gás inerte, como o argônio.



Figura 1: Esquema de uma lâmpada incandescente.

Fonte: Como funcionam as lâmpadas. Disponível em: <<http://casa.hsw.uol.com.br/lampadas.htm>> Acessado em 22/08/2013 às 10:32h.

Quando a lâmpada é ligada a um sistema de energia, uma corrente elétrica flui de um contato para o outro, passando pelos fios e pelo filamento. A corrente elétrica em um condutor sólido é o fluxo de elétrons livres (elétrons que não estão fortemente presos a um átomo) de uma área carregada negativa para uma área carregada positivamente.

Como os elétrons movem-se rapidamente através do filamento, eles estão constantemente batendo nos átomos que compõem o filamento. A energia de cada impacto faz um átomo vibrar, ou seja, a corrente aquece o átomo. Um condutor fino aquece mais facilmente do que um grosso, pois este último é mais resistente ao fluxo dos elétrons.

Os elétrons associados aos átomos que vibram podem ser impulsionados temporariamente para um nível mais alto de energia. Quando eles voltam ao seu nível normal, os elétrons liberam energia extra na forma de fótons. Geralmente, os átomos de metais liberam fótons de luz infravermelha, que é invisível ao olho humano, porque o comprimento de onda é muito grande para que percebamos. Porém, se os átomos forem aquecidos a aproximadamente 2.200°C (4.400°F) como, por exemplo, no caso da lâmpada elétrica, emitirão uma quantidade considerável de luz visível.

O filamento da lâmpada é feito de um longo e fino fio de algum metal. Em uma lâmpada comum de 60 watts, o filamento mede quase 2 metros de comprimento e somente um centésimo de polegada de diâmetro. O filamento é enrolado para fazer uma bobina que depois é recoberta por uma bobina maior. Na lâmpada de 60 watts, a bobina tem menos de uma polegada de comprimento. O tungstênio é usado em praticamente todas as lâmpadas incandescentes, pois é um material ideal para o filamento.

Nós percebemos hoje, na aula, que havia um tipo especial de lâmpada no laboratório, simulando uma boate. Qual o nome dessa lâmpada? O que ela tem de diferente? Porque ela não ilumina muito?

O que é a luz negra?



Figura 2: Como funciona a luz negra

Fonte: Como funciona a luz negra. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uoi.com.br/luz-negra2.htm>> Acessado em 22/08/2013 às 10:16h.

A luz negra é o resultado da incidência da luz comum sobre o vidro de uma lâmpada de vidro escura e sem fósforo. Fósforo? Como assim?

Agora, vamos aprofundar um pouco... A luz negra vem de lâmpadas que emitem *luz ultravioleta com comprimento de onda* entre 380 e 420 nm (lê-se nanômetros, e é equivalente a um metro dividido por um bilhão, ou seja 10^{-9} metros), o que significa que está perto do comprimento de onda da luz visível. Luz ultravioleta? Comprimento de onda? O que são essas coisas?

Nas lâmpadas *fluorescentes* brancas, a incidência da luz só é possível graças à camada de fósforo que reveste o tubo de vidro - isso porque a maior incidência é da luz ultravioleta, que só se torna visível quando passa pelo fósforo, ou seja, é a camada de proteção de fósforo que torna a luz visível. Veremos o motivo disso nas próximas aulas.

Dentro das lâmpadas há uma pequena quantidade de mercúrio que emite radiação no comprimento de onda do ultravioleta. A radiação liberada ao passar pelas

bordas da lâmpada, que é revestida por fósforo, excita-o, reemitindo a energia em comprimentos de onda do espectro visível. A diferença para a luz negra é que esta não possui a camada de fósforo, portanto a luz emitida e que atravessa as paredes de vidro, estão no comprimento de onda de ultravioleta.

Quando o fósforo é retirado e o vidro escurecido, toda luz ultravioleta passa direto pelo vidro, caracterizando a luz negra. Ao incidir sobre superfícies claras, elas fazem o mesmo papel do fósforo. Há também elementos invisíveis em outras superfícies que também possuem fósforo e, ao serem banhados pela luz negra, passam a brilhar.

A luz negra se parece com uma lâmpada fluorescente normal (ou incandescente, também), mas faz algo completamente diferente, assim como pudemos observar na aula hoje. Roupas brancas, dentes, folhas sulfites e várias outras coisas brilharam no escuro, enquanto que o vidro emitiu uma luz fraca e arroxeadada.

Esses dispositivos estão em vários lugares. Onde você já os viu?

Como a luz negra funciona?

O formato das lâmpadas de luz negra é parecido com o das lâmpadas fluorescentes, porém com algumas modificações importantes. Uma informação importante é saber que não enxergamos a luz ultravioleta. O motivo é que o comprimento de onda é curto demais para que possamos enxergá-las. Portanto a luz ultravioleta é completamente invisível. As lâmpadas fluorescentes podem converter a energia elétrica em luz visível a partir do revestimento de fósforo ao redor do tubo.



Figura 3: Tipo de lâmpadas de luz negra

Fonte: Como funciona a luz negra. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/luz-negra1.htm>> Acessado em 22/08/2013 às 10:19h.

O fósforo emite a luz branca que podemos ver *enquanto* a luz ultravioleta está brilhando sobre eles, ou seja, a substância fosforosa brilha só quando recebe luz ultravioleta.

O que brilha?

Se você caminhar por aí a noite toda com uma luz negra portátil, descobrirá que há fosforosos por toda a parte. Há uma grande quantidade de fosforosos naturais nos seus dentes e unhas, entre outras coisas. Há também muitos fosforosos nos materiais feitos pelo homem, incluindo telas de televisão e algumas tintas, tecidos e plásticos. A maioria das coisas com **cores fluorescentes** tais como os marca textos, contém fosforosos e você os encontrará em todos os produtos que brilham no escuro. Os clubes e parques de diversão usam tintas especiais para luz negra que *brilham com cores diferentes*. É possível adquirir vários produtos que brilham na luz negra como gel de cabelo, maquiagem ou esmalte.

A maioria desses usos, assim como muitos outros, leva a outro tema comum: a luz negra torna o invisível visível ou isola uma substância específica das outras ao redor. Ao se pensar sobre isso, percebemos que existem muitas situações em que seria possível colocar esse fenômeno em ação.

Aplicações da luz negra

ARTE: Para identificar obras falsas, usa-se a luz: tintas atuais contém fósforo, enquanto grande parte das antigas não;



Figura 4: Tinta fluorescente sob luz negra.

Fonte: Como funciona a luz negra. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/luz-negra2.htm>> Acessado em 22/08/2013 às 10:22h.

PERICIA: Peritos usam corante fluorescente para detectar impressões digitais ou sangue em cenas de crime. Fluidos corporais como o sêmen também são sensíveis à luz negra;



Figura 5: Luminol sob luz negra.

Fonte: Como funciona o luminol? Disponível em: <<http://megacuriosos.blogspot.com.br/2012/01/como-funciona-o-luminol.html>> Acessado em 22/08/2013 às 10:28h.

DINHEIRO: Em muitos países, dentro das cédulas de dinheiro existe uma tira fluorescente invisível. Nas notas de real, um brasão é visível só à luz negra;



Figura 6: Dólar sob luz negra.

Fonte: Como funciona a luz negra. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/luz-negra2.htm>> Acessado em 22/08/2013 às 10:22h.

CARIMBOS: Parques de diversão, clubes e baladas utilizam a luz negra para identificar carimbos fluorescentes, que são invisíveis na mão, permitindo a reentrada no recinto.

VAZAMENTOS: É possível injetar corante fluorescente no combustível de maquinários com vazamentos, um ar condicionado, por exemplo.

Referências Bibliográficas

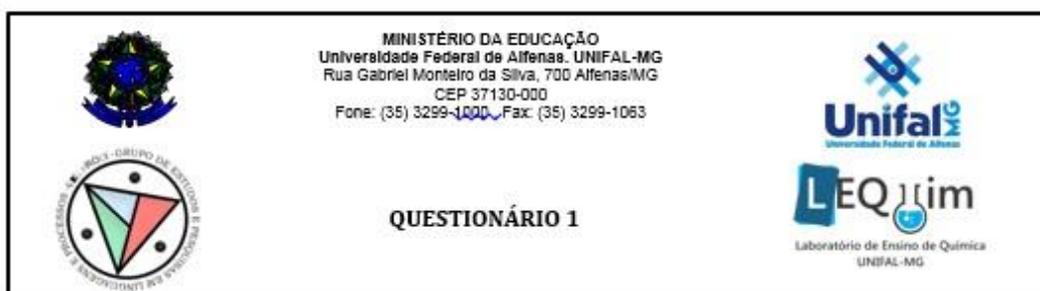
FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. **Química Nova na Escola**, n. 3, 1996.

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. Fluorescência e Estrutura Atômica: Experimentos Simples para Abordar o Tema. **Química Nova na Escola**, n. 19, 2004.

Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/luz-negra.htm>> Acesso em: 07 de Agosto de 2013 às 14:45.

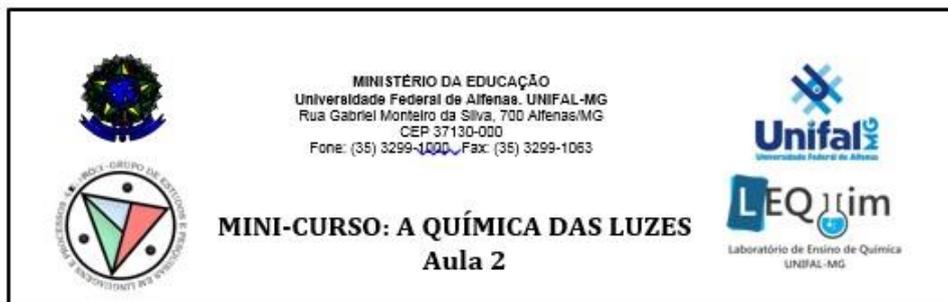
Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/o-que-e-luz-negra>> Acesso em: 07 de Agosto de 2013 às 14:45.

Disponível em: <<http://casa.hsw.uol.com.br/lampadas.htm>> Acesso em: 07 de Agosto de 2013 às 14:45.

Apêndice J – Questionário 1: episódio de ensino III

1. Quais modelos atômicos você conhece? Explique-os. Se necessário, desenhe.
2. Você já ouviu falar de fluorescência? O que é? E fosforescência? O que é?
3. Você conhece objetos fosforescentes? Quais? E fluorescentes? Quais?
4. Em um quarto com luz acesa existem alguns objetos: um enfeite de quarto que "brilha no escuro", um triângulo de segurança de carro, interruptor de luz, uma placa de sinalização de trânsito, um colete de motoboy ou gari. Ao apagar a luz, qual(is) objeto(s) se destaca(m)? Por que?
5. Como você acha que acontece a fluorescência no nível das partículas atômicas? Represente através de desenho.

Apêndice K – Material fornecido no episódio de ensino III: Modelos atômicos



Modelos atômicos

A constituição da matéria é motivo de muita curiosidade entre os povos antigos. Filósofos buscam há tempos a constituição dos materiais. Resultado dessa curiosidade implicou na descoberta do fogo, o que o permitiu cozinhar os alimentos, e consequentemente implicou em grande desenvolvimento para a sociedade. A partir dessa descoberta pôde-se verificar, ainda, que o minério de cobre (conhecido na época com pedras azuis), quando submetido ao aquecimento, produzia cobre metálico, ou aquecido na presença de estanho, formava o bronze.

A passagem do homem pelas “idades” da pedra, do bronze e do ferro, foi, portanto, de muito aprendizado para o homem, conseguindo produzir materiais que lhe fosse útil. Por volta de 400 a.C., surgiram os primeiros conceitos teóricos da Química.

Os filósofos gregos Demócrito e Leucipo afirmavam que a matéria não era contínua, e sim constituída por minúsculas partículas indivisíveis, às quais deram o nome de átomos. Platão e Aristóteles, filósofos muito influentes na época, recusaram tal proposta e defendiam a ideia de matéria contínua. Esse conceito de Aristóteles permaneceu até a Renascença, quando por volta de 1650 d.C. o conceito de átomo foi novamente proposto por Pierre Cassendi, filósofo francês.

O conceito de “Teoria atômica” veio a surgir após a primeira ideia científica de átomo, proposta por John Dalton após observações experimentais sobre gases e reações químicas. Os modelos atômicos são, portanto, teorias fundamentadas na experimentação. Tratam-se, portanto, de explicações para mostrar o porquê de um determinado fenômeno. Diversos cientistas desenvolveram suas teorias até que se chegou ao modelo atual.

1. Modelo Atômico de Dalton

Em 1808, o professor inglês John Dalton propôs uma explicação da natureza da matéria. A proposta foi baseada em fatos experimentais. Os principais postulados da teoria de Dalton são:

1. “Toda matéria é composta por minúsculas partículas chamadas átomos”.
2. “Os átomos de um determinado elemento são idênticos em massa e apresentam as mesmas propriedades químicas”.
3. “Átomos de diferentes elementos apresentam massa e propriedades diferentes”.
4. “Átomos são permanentes e indivisíveis, não podendo ser criados e nem destruídos”.
5. “As reações químicas correspondem a uma reorganização de átomos”.
6. “Os compostos são formados pela combinação de átomos de elementos diferentes em proporções fixas”.

A conservação da massa durante uma reação química (Lei de Lavoisier) e a lei da composição definida (Lei de Proust) passou a ser explicada a partir desse momento, por meio das ideias lançadas por Dalton.



Figura 1: Representação da estrutura atômica proposta por Dalton
Disponível em <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/John_Dalton/modelo.html>

2. Modelo Atômico de Thomson

Pesquisando sobre raios catódicos e baseando-se em alguns experimentos, J.J. Thomson propôs um novo modelo atômico. Thomson demonstrou que esses raios podiam ser interpretados como sendo um feixe de partículas carregadas de energia elétrica negativa. A essas partículas denominou-se elétrons. Por meio de campos magnético e elétrico pôde-se determinar a relação carga/massa do elétron.

Consequentemente, concluiu-se que os elétrons (raios catódicos) deveriam ser constituintes de todo tipo de matéria pois observou que a relação carga/massa do elétron era a mesma para qualquer gás empregado. O gás era usado no interior de tubos de vidro rarefeitos denominadas Ampola de Crookes, nos quais se realizavam descargas elétricas sob diferentes campos elétricos e magnéticos.

Esse foi o primeiro modelo a divisibilidade do átomo, ficando o modelo conhecido como “*pudim de passas*”. Segundo Thomson, o átomo seria um aglomerado composto de uma parte de partículas positivas pesadas (prótons) e de partículas negativas (elétrons), mais leves

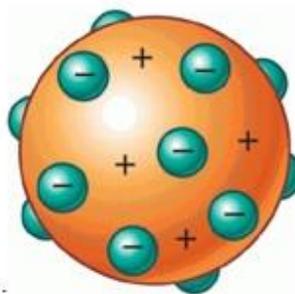


Figura 2: Representação da estrutura atômica proposta por Thomson

Disponível em

<<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=2&id=621>>

3. Modelo Atômico de Rutherford

Em 1911, Ernest Rutherford, estudando a trajetória de partículas α (partículas positivas) emitidas pelo elemento radioativo polônio, bombardeou uma fina lâmina de ouro. Ele observou que:

- a maioria das partículas α atravessavam a lâmina de ouro sem sofrer desvio em sua trajetória (logo, há uma grande região de vazio, que passou a se chamar eletrosfera);
- algumas partículas sofriam desvio em sua trajetória: haveria uma repulsão das cargas positivas (partículas α) com uma região pequena também positiva (núcleo).
- um número muito pequeno de partículas batiam na lâmina e voltavam (portanto, a região central é pequena e densa, sendo composta portanto, por prótons).

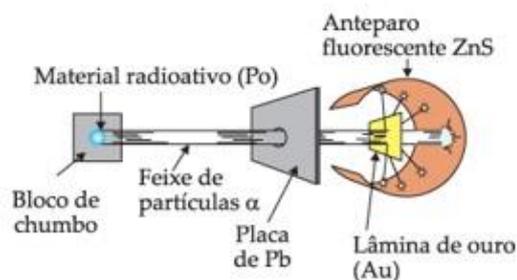


Figura 3: Representação do teste de Rutherford

Disponível em <<http://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/teoria/modelo-atomico.asp>>

Diante das observações, Rutherford concluiu que a lâmina de ouro seria constituída por átomos formados com um núcleo muito pequeno carregado positivamente (no centro do átomo) e muito denso, rodeado por uma região comparativamente grande onde estariam os elétrons. Nesse contexto, surge ainda a ideia de que os elétrons estariam em movimentos circulares ao redor do núcleo, uma vez que se estivesse parados, acabariam por se chocar com o núcleo, positivo. O pesquisador acreditava que o átomo seria de 10000 a 100000 vezes maior que seu núcleo.

4. Modelo Atômico Rutherford-Bohr

No início do século XX, as pesquisas sobre o átomo fervilhavam na Europa e nos Estados Unidos. Assim, cada vez mais os cientistas avançavam em busca de respostas para questões que surgiam do avanço de suas experiências: *por que o elétron não era atraído imediatamente para o núcleo? Por que a luz emitida pelos átomos apresentava espectro descontínuo com raios bem definidas?*

As primeiras tentativas de responder a essas questões fundamentais surgiram em 1913 quando Niels Bohr propôs um modelo para o átomo que ampliava o de Rutherford. Alguns autores costumam chamar esse modelo de *modelo atômico de Rutherford-Bohr*. Nesse modelo, o átomo apresentava um núcleo (como proposto por Rutherford) e seus elétrons descreveriam órbita circulares ao seu redor como um planeta ao redor do Sol.

Baseando-se nos estudos feitos em relação ao *espectro* do átomo de hidrogênio e na teoria proposta por Planck em 1900 (Teoria Quântica), segundo a qual a energia

não é emitida em forma contínua, mas em "pacotes", denominados *quanta* de energia.

Foram propostos os seguintes postulados:

- O elétron estaria em órbita circular ao redor do núcleo;
- A energia do elétron estaria quantizada, ou seja, somente determinados valores seriam assumidos. Essas energias quantizadas seriam, então, chamadas de camadas ou níveis de energia;
- O elétron estaria em um estado estacionário de energia, ou seja, em sua situação natural ao redor do núcleo, um elétron teria energia constante. Nessas condições, o átomo estaria em seu estado mínimo de energia, chamado estado fundamental;
- Fornecendo certas quantidades de energia para o elétron, ele salta para camadas ou níveis mais afastados do núcleo. Esse processo é chamado de salto quântico. Com isso o elétron deixa de estar em seu estado fundamental e passa para um estado excitado

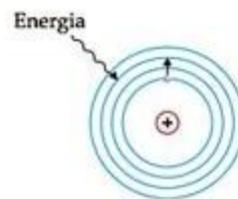


Figura 4: Representação do salto quântico

Disponível em <<http://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/teoria/modelo-atomico.asp>>

- Quando esse elétron passar do nível de maior energia (orbital mais afastado do núcleo) para o de menor ele emitirá energia na forma de radiação eletromagnética (ou emite um *quantum* de energia);

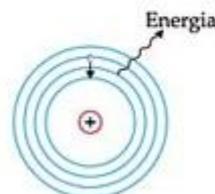


Figura 5: Representação da liberação de energia

Disponível em <<http://www.vestibulandoweb.com.br/quimica/teoria/modelo-atomico.asp>>

- A diferença de energia entre os orbitais diminui à medida que elas se afastam do núcleo.

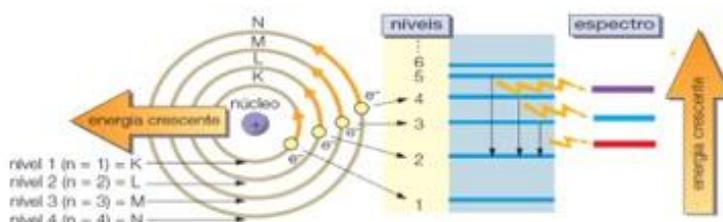


Figura 6: Representação esquemática dos postulados de Bohr

Disponível em <MAQUES, D.M.; CALUZI, J.J. Ensino de química e história da ciências : O modelo atômico de Rutherford.>

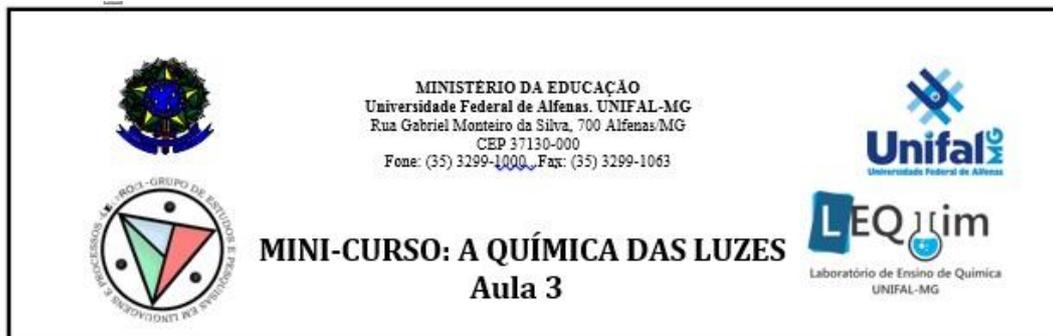
Ao propor que o elétron possuía energia constante, Bohr procurava explicar por que o elétron não era caía no núcleo, ou seja, por que não era imediatamente atraído para o núcleo. As órbitas de Bohr, também chamadas de camadas ou níveis de energia, representariam os estados energéticos permitidos ao elétron. De acordo com a energia recebida, os saltos quânticos seriam sempre determinados por um número inteiro de quanta. Assim, era de se esperar que o retorno do elétron também ocorresse aos saltos e que cada salto liberasse um tipo de radiação eletromagnética. Em outras palavras, cada “tipo de retorno” liberaria luz com uma energia diferente.

Referências Bibliográficas

MAQUES, D.M.; CALUZI, J.J. Ensino de química e história da ciências : O modelo atômico de Rutherford. IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003.

VIANA, H.E.B. A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de química. São Paulo, 2007.

Apêndice L – Material fornecido no episódio de ensino III: Luminescência



Fluorescência x fosforescência

O átomo de Bohr é um modelo que descreve o átomo como um núcleo pequeno e carregado positivamente cercado por elétrons em órbita circular. Os principais postulados desse modelo propõem que:

- Os elétrons estão em órbita circular ao redor do núcleo;
- A energia do elétron estaria quantizada, ou seja, somente determinados valores seriam assumidos. Essas energias quantizadas são chamadas de camadas ou níveis de energia;
- O elétron está em um estado estacionário de energia, ou seja, em sua situação natural ao redor do núcleo um elétron tem energia constante. Nessas condições, um átomo está em um estado mínimo de energia, chamado de estado fundamental;
- Ao receber energia, os elétrons podem saltar para um nível mais energético. Esse fenômeno foi denominado salto quântico. Retornando para sua posição original, o elétron devolve a energia recebida sobre a forma de ondas eletromagnéticas.

No modelo de Bohr, a ideia central é a quantização que estabelece que os elétrons nos átomos podem apresentar somente certos valores definidos de energia. Isto implica que, no estado fundamental os elétrons dos átomos de um determinado elemento possuem valores de energia característicos, relacionados às órbitas às quais pertencem. Para que ocorra uma transição eletrônica, isto é, para que os elétrons passem de um estado fundamental para um estado excitado, de maior energia, eles precisam absorver uma quantidade de energia

necessária, correspondente à diferença entre os níveis de energia fundamental e excitado. Por outro lado, ao retornar às órbitas de menor energia (estado fundamental), os elétrons podem emitir a energia correspondente na forma de radiação eletromagnética. Essa radiação eletromagnética possui um tamanho específico, denominado comprimento de onda. O comprimento de onda (λ) corresponde a distancia entre duas cristas, ou dois vales, consecutivos.

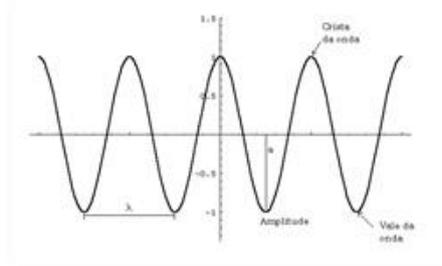


Figura 1: Componentes de uma onda

Fonte: Conhecendo as Ondas Hertzianas. Disponível em: <<http://www.sarmento.eng.br/Hertz.htm>>. Acesso em: 07 ago 2013.

Uma propriedade dos átomos conhecida desde o século XIX é a emissão de luz, que pode acontecer quando esses átomos são aquecidos em uma chama. A esse fenômeno dá-se o nome de espectro luminoso. As radiações emitidas pelos átomos podem ser detectadas por alguns instrumentos ópticos que separam a radiação. Esses aparelhos são chamados espectrômetros, e as cores obtidas para cada átomo são as linhas espectrais. Os espectrômetros permitem identificar precisamente a composição de uma substância ou sua concentração em determinados materiais.

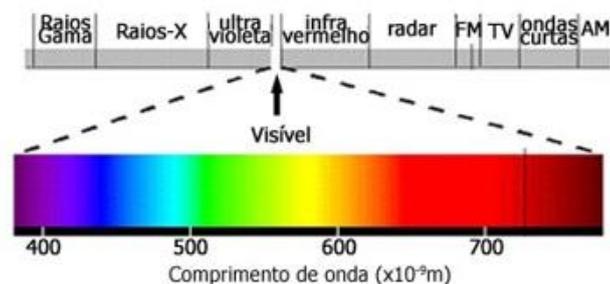


Figura 2: Representação do espectro eletromagnético

Fonte: Lâmpadas incandescentes. Disponível em: <http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/63_lampadas/incand/funciona03.htm>. Acesso em: 07 ago 2013.

Muitas moléculas possuem a propriedade de, quando estimuladas pela energia de uma radiação eletromagnética de comprimento de onda adequado, reemitirem parte dessa energia sob a forma de uma radiação visível. Pacotes de energia (*quantum*), conhecidos por fótons, associados a essas radiações, interagem com os níveis de energia moleculares, dando origem ao fenômeno da fluorescência.

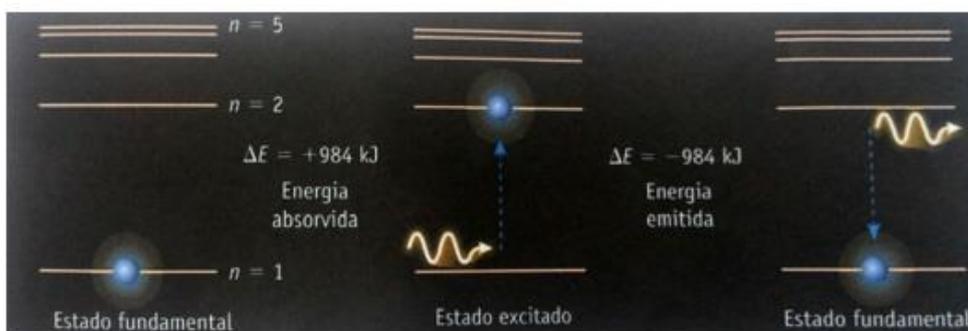


Figura 3: Absorção de energia pelo átomo à medida que o elétron move-se para um estado excitado. Energia é absorvida quando um elétron move-se do estado $n=1$ para o estado $n=2$. Quando o elétron retornar ao estado $n=1$ de $n=2$, a energia é liberada.

Fonte: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. 6 ed, v. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 269.

Luminescência é o nome do fenômeno mais genérico que engloba a fluorescência e a fosforescência. A luminescência é definida como a emissão de luz na faixa do visível (400 a 700 nm) do espectro eletromagnético como resultado de uma transição eletrônica.

A palavra fluorescência derivada do latim (*fluo = fluir*) nos remete aos processos fotoquímicos nos quais os átomos ou moléculas são excitados por absorção de radiação eletromagnética, sendo que ao regressarem ao estado fundamental **num intervalo de tempo muito pequeno** emitem a energia em excesso sob a forma de luz.

O primeiro passo do processo fluorescente é a absorção de uma quantidade de energia por uma molécula ou átomo e, conseqüentemente, a produção de um estado eletronicamente excitado. Entretanto, a molécula não pode permanecer no estado excitado por este ser desfavorável, pois ele é mais energético que o fundamental, e, quanto mais energia, menos estável. Por isso, ocorre o retorno do elétron ao seu nível inicial, sendo a energia em excesso dissipada na forma de luz.

Todas as espécies que são absorventes apresentam potencial para fluorescerem, porém muitos compostos não o fazem devido suas estruturas químicas.

Tanto no fenômeno da fluorescência como no de fosforescência, a energia da radiação emitida é normalmente menor (comprimento de onda maior) do que aquela utilizada para gerar o estado eletronicamente excitado. Isto porque a emissão sempre ocorre a partir do estado excitado de menor energia. Na fluorescência, os elétrons excitados retornam instantaneamente ao estado fundamental emitindo luz. De uma forma bastante simplificada, pode-se distinguir os fenômenos com relação ao tempo de emissão de radiação: enquanto na fluorescência a emissão é instantânea e cessa quando a fonte de energia é desligada, na fosforescência esta pode durar horas, depois de desligada a fonte de excitação.

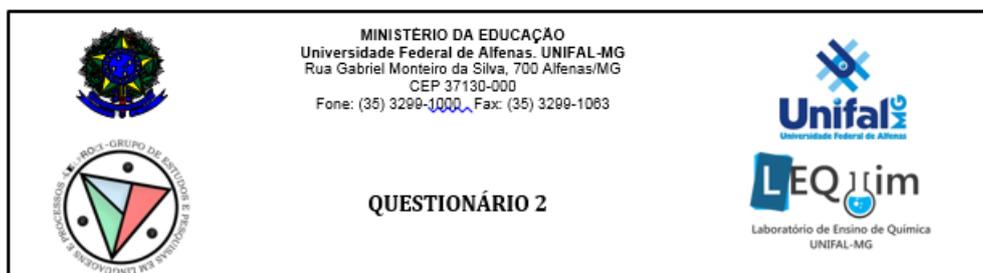
A radiação ultravioleta (UV) tem comprimento de onda entre 1 e 380 nm, o que significa que é menor que o da luz visível (aproximadamente 380 a 720 nm) e maior que o dos raios X (aproximadamente 10^{-8} a 10^{-11} nm). O nome “ultravioleta” significa “*mais alta que violeta*” pelo fato de ser mais energético que o violeta, que é a cor visível com comprimento de onda mais curto e maior frequência.

Curiosidade: As câmeras de infravermelho, também conhecidas por câmeras térmicas, são dispositivos destinados a perceber imagens na faixa de radiações infravermelhas do espectro eletromagnético e **convertê-las** de forma sistemática à **faixa visível do espectro**, permitindo assim que os seres humanos literalmente observem as imagens térmicas geradas pelos corpos em temperaturas próximas à do ambiente. Trata-se de uma câmera dotada com sensor de radiação infravermelha acoplada eletronicamente a um visor que gera imagens na faixa visível do espectro eletromagnético. As câmeras infravermelhas encontram aplicação onde se requer tipicamente uma “visão noturna”. O ambiente nesse caso não precisa ser iluminado. Os próprios objetos observados funcionam cada qual como uma lâmpada acesa na região do infravermelho, fornecendo a energia necessária à produção das imagens no dispositivo.

Referências bibliográficas:

- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas**. 6 ed. v. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 611p.
- LEMBO, A. **Química: Realidade e contexto**, volume 1. São Paulo: Editora Ática, 2000.
- NERY, A. L.; FERNANDES, C. Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. **Química nova na escola**. São Paulo, n. 19, p. 39-42, 2004.
- PEREIRA, W. L, MÓL, G. S. **Química e sociedade**, volume único. São Paulo: Nova Geração, 2005.
- PEREIRA, W. L, MÓL, G. S. **Química cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais**, volume. São Paulo: Nova Geração, 2010.

Apêndice M – Questionário 2: episódio de ensino III



1. Qual(is) a(s) principal(is) diferença entre o modelo de Rutherford e o modelo de Bohr?

2. Como explicar a fluorescência a partir do modelo de Bohr?

3. Por que certos objetos como interruptores, rótulos de extintores, indicadores de saída de emergência, enfeite de quarto que brilha no escuro sofrem o efeito de fosforescência e não fluorescência?

4. Por que triângulos de emergência, placas de carro e de trânsito precisam sofrer o efeito da fluorescência?

5. Explique, através de desenho, o fenômeno da fluorescência a nível submicroscópico. Se necessário, utilize legenda.

6. A fluorescência é um fenômeno muito útil na visualização de impressões digitais. Produtos fluorescentes, como a Rodamina, por exemplo, permitem a visualização de impressões digitais quando fixadas apropriadamente e quando expostas à luz forense. Acerca do fenômeno de fluorescência e de conceitos correlatos, assinale a opção correta.
 - a) Na fluorescência ocorre emissão de fótons com comprimento de onda menor que o dos fótons usados para excitação do material fluorescente.
 - b) O fenômeno da fluorescência compreende os mecanismos de absorção para um nível de energia alto, relaxação para um nível mais baixo e emissão de luz, a partir deste nível para outro mais baixo.
 - c) Em um átomo, a excitação para um nível eletrônico mais alto corresponde à passagem de um elétron para uma órbita mais externa. Essa afirmação pressupõe um modelo atômico do tipo planetário, em que o elétron é considerado como uma onda.
 - d) Na visualização de impressões digitais com a técnica de fluorescência, pode-se utilizar filtros bloqueadores de UV à frente da fonte de luz forense e óculos protetores feitos com filtros bloqueadores de luz visível.

FOTOS



Episódio 1: A Química da Gasolina – Experimentação.



Episódio 2: A Química dos Perfumes – Experimentação.



Episódio 2: Relato final.



Episódio 2: Socialização.



Episódio 3: Questionário.



Episódio 3: Experimentação.



Episódio 3: Socialização.

