



Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



CESAR ALVES DA SILVA

**MODELOS ATÔMICOS COMO OBJETO DO SABER NO ENSINO DE
QUÍMICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA BASEADA EM
ELEMENTOS DA ENGENHARIA DIDÁTICA**

**FEIRA DE SANTANA - BAHIA
2018**

CESAR ALVES DA SILVA

**MODELOS ATÔMICOS COMO OBJETO DO SABER NO ENSINO DE
QUÍMICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA BASEADA EM
ELEMENTOS DA ENGENHARIA DIDÁTICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação – Mestrado Profissional em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador: Prof. Dr. José Vieira do Nascimento Júnior (UEFS)

Coorientador: Prof. Dr. Marildo Geraldete Pereira (UEFS)

**FEIRA DE SANTANA - BAHIA
2018**



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): CÉSAR ALVES DA SILVA

DATA DA DEFESA: 01 de fevereiro de 2018 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 17:15

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
JOSÉ VIEIRA DO NASCIMENTO JÚNIOR	195.357.835-72	Presidente	DR	UEFS
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA	793.153.647-91	Membro Interno	DR	UEFS
PAULO CÉSAR DA ROCHA POPPE	926.229.257-00	Membro Interno	DR	UEFS
JEMIMA PEREIRA GUEDES	025.512.855-00	Membro Externo	DR	UFRB

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:
MODELOS ATÔMICOS COMO OBJETO DO SABER NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA BASEADA EM ELEMENTOS DA ENGENHARIA DIDÁTICA.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 45 min, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 02h 30m. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

** Recomendações: Revisão geral nos conceitos de física. O texto precisa de coerência interna entre as partes. Revisão gramatical também é preciso. Falta coerência entre parte das referências e a introdução e conclusões.
Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 01 de fevereiro de 2018

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: [Assinatura]
Membro 2: [Assinatura]
Membro 3: Jemima Pereira Guedes
Candidato (a): César Alves da Silva
Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado:
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

CANDIDATO (A): CÉSAR ALVES DA SILVA

DATA DA DEFESA: 01 de fevereiro de 2018 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 17:15

Sequência Didática: Modelos atômicos para o Ensino Médio a partir da Engenharia Didática

Feira de Santana, 01 de fevereiro de 2018.

Presidente: [Signature]
 Membro 1: [Signature]
 Membro 2: [Signature]
 Membro 3: Leandra Pereira Gomes
 Candidato (a): César Alves da Silva
 Coordenador do PGAstro: [Signature]

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Silva, Cesar Alves da

S579m Modelos atômicos como objeto do saber no ensino de química: uma proposta metodológica baseada em elementos da engenharia didática / Cesar Alves da Silva. - Feira de Santana, 2018.

117 f.: il.

Orientador: José Vieira N. Júnior

Coorientador: Marildo G. Pereira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Mestrado Profissional em Astronomia, 2018.

1. Ensino de química - modelos atômicos. 2. Engenharia didática. I. N. Júnior, José Vieira, orient. II. Pereira, Marildo G., coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 54:37

AGRADECIMENTOS

Para atingir a finalização deste trabalho contei com o apoio de pessoas que me apoiaram. Por isso, quero compartilhar meus agradecimentos a:

A minha família, em especial minha esposa Andréia e meus filhos César Filho e Daniel Valle, que sempre me apoiaram para a conclusão deste trabalho;

A Ana Alice minha amiga particular que esteve torcendo pelo meu sucesso e, Arnaldo Bergsten, que influenciou e patrocinou cursos de inglês que foram suficientes para a sustentação deste trabalho.

Aos meus Professores do Curso: Paulo Poppe, Vera Martin, Eduardo Brescasin, Ana Verena, e em especial o Coorientador Professor Dr. Marildo Pereira, que contribuiu significativamente para a construção dos experimentos, apresentando propostas de melhoria para a consolidação para a sustentação deste projeto;

À 3ª Turma do Curso de Mestrado Profissional em Astronomia 2015 (Alberto, Carla, James, Jorge, Marcos, André, Hiure, Iranéia e Marcelo), que serviram de estudos em grupos marcantes para minha trajetória.

Em especial, ao meu Orientador Professor José Vieira N. Júnior, que foi determinante na conclusão desta proposta, incentivando, corrigindo, motivando, propondo melhorias com suas contribuições majestosas. E ao meu Pai das luzes que acredito ser o criador do Universo.

*Nada vem do nada ou do que não existe,
pois se assim não fosse, tudo nasceria.
de tudo sem necessitar de sementes.
(Autor desconhecido)*

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho foi descrever os conceitos de Modelos Atômicos, dentro do cenário do ensino de reações químicas, relacionando-os empiricamente com os processos de luminescência química e contextualizados com o fenômeno das Auroras planetárias. Para o efeito, foi apresentada uma proposta para ajudar os professores de química a oferecer aos alunos uma melhor compreensão da aprendizagem mais significativa. O Ensino de Química na Educação Básica apresenta vários desafios em relação à introdução de conceitos relacionados à estrutura da matéria. A abordagem deste projeto está centrada na interação entre a Astronomia e o Ensino de Química, em uma perspectiva interdisciplinar com foco no curso da engenharia didática. Pretende-se que esta abordagem possa atrair o interesse dos alunos do ensino médio. A metodologia foi desenvolvida nas salas de aula do Colégio Luiz Eduardo Magalhães em Feira de Santana-BA. O uso de uma seqüência de aprendizagem, centrada em fenômenos experimentais e observacionais, onde o desempenho do aluno é intensificado pela possibilidade de auto-regulação e confronto com as situações propostas, permitiu uma evolução das estratégias, aprimorando a cognição dos estudantes. De forma envolvente e estruturada em suas quatro fases, o curso de engenharia didática contribuiu para o progresso na melhoria do ensino e da aprendizagem, uma vez que a proposta acordada foi executada e indica que é possível favorecer a aprendizagem de conceitos de Química de Ensino com ênfase em tópicos, motivando esudantes para aprender.

Palavras-chave: Engenharia Didática. Ensino da química. Astronomia. Engenharia Didática. Seguindo o ensino. Reações químicas

ABSTRACT

The main objective of this work was to describe the concepts of Atomic Models, within the scenario of the teaching of chemical reactions, relating them empirically to the processes of chemical luminescence and contextualized to the phenomenon of the planetary Auroras. For this purpose, a proposal was presented to help chemistry teachers to provide students with a better understanding of more meaningful learning. The Teaching of Chemistry in Basic Education presents several challenges regarding the introduction of concepts related to the structure of matter. The approach of this project is centered in the interaction between the Astronomy and the Teaching of Chemistry, in an interdisciplinary perspective with focus in the course of didactic engineering. It is premised that this approach may attract the interest of high school students. The methodology was developed in the classrooms of the Luiz Eduardo Magalhães College in Feira de Santana-BA. The use of a learning sequence, centered on experimental and observational phenomena where the student's performance is intensified by the possibility of self-regulation and confrontation with the proposed situations, enabled an evolution of strategies, enhancing students' cognition. In an enveloping and structured way in its four phases, the course of didactic engineering contributed to progress in improving teaching and learning, since the agreed proposal was executed and indicates that it is possible to favor the learning of concepts of Teaching Chemistry with emphasis to topics, motivating Students to learn.

Keywords: Didactic Engineering. Chemistry teaching. Astronomy. Didactic Engineering. Following teaching. Chemical reactions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As quatro fases da Engenharia Didática	18
Figura 2 - O triângulo didático	23
Figura 3 – Esquema da Sequência Didática	28
Figura 4 - Representações do modelo atômico de Dalton	46
Figura 5 - Representações do modelo atômico de Thomson	47
Figura 6 - Representação do modelo atômico de Rutherford	48
Figura 7 - Representação do modelo de átomo proposto por Bohr	49
Figura 8 - Representações da emissão do fóton	50
Figura 9 – Órbitas elípticas do modelo atômico de Sommerfield.....	51
Figura 10 - Modelo de nuvem eletrônica para o átomo de hidrogênio	52
Figura 11 – Esquema da proposta para a estrutura da matéria.....	52
Figura 12 – Flutuação do campo elétrico e magnético.....	53
Figura 13 – Espectro eletromagnético na região do visível	54
Figura 14 – Diagrama de Jablonski.....	56
Figura 15 - Espectro de cores emitido por Oxigênio e Nitrogênio.....	58
Figura 16 – Processo de Quimioluminescência em <i>lightsticks</i>	59
Figura 17 – Processo de Quimioluminescência em <i>lightsticks</i>	59
Figura 18 - Foto da Aurora Polar	61
Figura 19 - Esquema do Vento Solar	62
Figura 20 - Imagem da Aurora no planeta Vênus.....	63
Figura 21 - Imagem da Aurora no planeta Marte.....	64
Figura 22 - Imagem da Aurora no planeta Urano.....	65
Figura 23 - Imagem da Aurora no planeta Netuno.....	65
Figura 24 - Imagem da Aurora no planeta Júpiter.....	66
Figura 25 - Imagem da Aurora no planeta Saturno.....	67
Figura 26 - Os espectros e a luz das estrelas	69
Figura 27 - Esquema de Sessões da SD.....	76
Figura 28 - Perguntas dos alunos.....	83
Figura 29 - Modelo azul de Prússia em 3D.....	87
Figura 30 - Espectro da Fluoresceína	88

LISTA DE GRÁFICOS, IMAGENS E TABELAS

Gráfico 1 – Questão no. 1 – Análise Preliminar.....	73
Imagem 1 - Resposta do aluno A, Análise preliminar.....	73
Imagem 2 - Resposta do aluno B, Análise preliminar	73
Imagem 3 - Resposta do aluno C, Análise preliminar	74
Tabela 1 - Numeração Slides da Fase Experimental.....	76
Imagem 4 - Resposta aluno A – Análise <i>a Posteriori</i>	79
Imagem 5 - Resposta aluno B – Análise <i>a Posteriori</i>	80
Imagem 6 - Resposta aluno C – Análise <i>a Posteriori</i>	81

LISTA DE SIGLAS

EM – Energia Eletromagnética

ED – Engenharia Didática

LD - Livro didático

LDB - Lei de Diretrizes e Bases

OCNEM - Orientações Curriculares para o Ensino Médio

OP - Organizações Praxeológicas

PAFOR - Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PEP - Percurso de Estudo e Pesquisa

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático

PPP - Projeto Político Pedagógico

PUC –SP - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

SE - Sessões de estudo

SEB - Secretaria da Educação Básica

SD – Situação Didática

TAD - Teoria Antropológica do Didático

TSD - Teoria das Situações Didáticas

TTD – Teoria da Transposição Didática

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS, IMAGENS E TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS	x
INTRODUÇÃO	13
1 METODOLOGIA DE ENSINO E PESQUISA	15
1.1 Recente Evolução Teórica da Didática Francesa.....	15
1.2 A Engenharia Didática como metodologia de apoio ao percurso.....	17
1.3 Teoria das Situações Didáticas (TSD).....	20
1.4 O Milieu e a Situação Adidática	22
1.5 O Contrato Didático	24
1.6 Situações Didáticas e Adidáticas	25
1.7 Variáveis Didáticas e Adidáticas.....	25
1.8 Avaliação.....	26
1.9 Sequência Didática (SD).....	27
1.10 Detalhamento das quatro fases da Engenharia Didática.....	28
1.11 Análise Prévia.....	29
1.12 Análise <i>a Priori</i>	30
1.13 Experimentação.....	30
1.14 Análise <i>a Posteriori</i> e validação.....	31
1.15 Teoria do Antropológico Didático (TAD).....	32
2 APLICAÇÃO DA PROPOSTA	34
2.1 Aplicação da Engenharia Didática.....	35
2.2 Primeira Fase: Análise Prévia.....	36
2.2.1 Dificuldades no Ensino de Química	36
2.2.2 Cenários do Ensino de Química na atualidade.....	37
2.2.3 O Ensino de Química e o PCN	39
2.2.4 Os Modelos atômicos e a Luminescência no Ensino de Química	44
2.2.4.1 Os modelos da Estrutura da Matéria.....	45
2.2.4.2 Radiação Eletromagnética como base para emissão e radiação energia.....	53
2.2.4.3 O que é Luminescência.....	54
2.2.4.4 O que é Fluorescência?.....	55
2.2.4.5 O que é Quimiluminescência?.....	58
2.2.5 Auroras no Sistema Solar	60
2.2.5.1 O que é Aurora?.....	60
2.2.5.2 Aurora Boreal e Austral, Vento Solar e Magnetismo Terrestre.....	60
2.2.5.3 Aurora no planeta Vênus.....	63
2.2.5.4 Aurora no planeta Marte.....	63
2.2.5.5 Aurora no planeta Urano.....	64
2.2.5.6 Aurora no planeta Netuno.....	65
2.2.5.7 Aurora no planeta Júpiter.....	66
2.2.5.8 Aurora no planeta Saturno.....	66

2.2.5.9 Breve análise institucional do objeto átomo no livro didático de Martha Reis Fonseca.....	67
2.2.5.10 Postulado de Bohr.....	71
2.2.5.11 Respostas dos alunos.....	72
2.3 Segunda Fase: Análise <i>a Priori</i>	75
2.3.1 Terceira Fase: Experimentação – Sequência Didática de ensino com planejamento.....	75
2.3.2 Primeira Sessão de ensino: Aula 1 (50 minutos). Conceito modelo matéria.....	77
2.3.3 Segunda Sessão de ensino: Aula 2 (50 minutos). Conceito de absorção e emissão de energia.....	77
2.3.4 Terceira Sessão de ensino: Aula 3 (50 minutos). Conceito de vento solar, magnetismo terrestre.....	78
2.3.5 Quarta Sessão de ensino: Aula 4 (50 minutos). Noção geral de radiação eletromagnética e formação de aurora polar. Fluorescência.....	78
2.3.6 Quinta Sessão de ensino: Aula 5 (50 minutos). Respostas do questionário de avaliação.....	78
2.3.7 Sexta Sessão de ensino: Aula 6 (50 minutos). Levantamento das informações dos alunos (situação adidático).....	84
2.3.8 Sétima Sessão de ensino: Aula 7 (50 minutos). Demonstração de experimento do professor - atividade experimental prática.....	85
2.3.8.1 Experimento da luminescência - Azul de Prússia (Fotoluminescência).....	85
2.3.8.2 Experimento da luminescência - Corante Fluoresceína.....	87
2.3.9 Erros e Obstáculos Didáticos.....	88
2.3.10 Variáveis Didáticas.....	89
2.4 Quarta Fase: Análise <i>a Posteriori</i> e Validação (resultados)	92
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	94
APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PRELIMINAR	102
APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	102
APÊNDICE 3 – SLIDE I	103
APÊNDICE 4 – SLIDE II	103
APÊNDICE 5 – SLIDE III.....	104
APÊNDICE 6 – SLIDE IV.....	104
APÊNDICE 7 – SLIDE V	105
APÊNDICE 8 – SLIDE VI.....	105
APÊNDICE 9 – SLIDE VII	106
APÊNDICE 10 – SLIDE VIII.....	106
APÊNDICE 11 – SLIDE IX.....	107
APÊNDICE 12 – SLIDE X.....	107
APÊNDICE 13 – SLIDE XI.....	108
APÊNDICE 14 – SLIDE XII	109
APÊNDICE 15 – PLANO DE AULA 1 – MODELO DA MATÉRIA	110
APÊNDICE 16 – PLANO DE AULA 2 – EMISSÃO E ABSORÇÃO DE ENERGIA	111
APÊNDICE 17 – PLANO DE AULA 3 – CONCEITO DE VENTO SOLAR, MAGNETISMO TERRESTRE	112
APÊNDICE 18 – PLANO DE AULA 4 – NOÇÕES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E FLUORESCÊNCIA	113
APÊNDICE 19 - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DO AZUL DA PRÚSSIA.....	114
APÊNDICE 20 - ROTEIRO DO EXPERIMENTO DA QUIMIOLUMINESCÊNCIA.....	115

INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência experimental, pois a observação de experimentos constitui o pilar do seu surgimento. Esta é uma questão que deve ser analisada por nós profissionais de Química, pois resultados mostram que estamos nos guiando e guiando os nossos alunos para um rumo contrário ao que propõe esta ciência. Estamos seguindo o caminho do determinismo quando da prática escolar, considerando que ainda persiste uma proposta que condiciona um ensino-aprendizado vertical e engessado e descontextualizado. Esta não é uma particularidade, utilizando termos educacionais, da disciplina química.

Na tentativa de se contribuir para o desenvolvimento das competências dos alunos, no que tange aos conhecimentos de Química, o ensino-aprendizado desta ciência está aqui baseado em uma perspectiva interdisciplinar caracterizada pela individualidade de cada uma dessas ciências para um direcionamento que é o avanço do conhecimento químico do aluno. Por isso, o indicativo é o de buscar na Astronomia, subsídios que possam sublinhar o domínio do conhecimento que é uma condição necessária, mas não é suficiente para o desenvolvimento dela, e que esse desenvolvimento, de forma particular, é visto como um ensino-aprendizado significativo.

A inquietação presente nesse estudo surge das minhas experiências vividas no contexto da educação escolar, enquanto professor de Química no Ensino Médio – contexto este desenhado por grandes desafios para a práxis docente em razão das dificuldades conceituais de conteúdos de química, apresentadas pelos alunos no aprendizado desta ciência. Além das motivações que condicionaram a realização deste trabalho, aqui estão às discussões que levaram à construção da sua problemática e dos seus objetivos.

Portanto, o trabalho de pesquisa terá como base a Engenharia Didática, cuja exposição permite prover o professor de referencial propício e motivador para conceber, aplicar e analisar tarefas didáticas. Como resposta didática ao problema apresentado nesta introdução, propõe um produto de sequência didática, dispositivo didático baseado na Engenharia Didática e um Percorso de Estudo e Pesquisa (PEP); relacionaremos os conceitos de modelos atômicos, suportado pela observação de luminescência em reações químicas, e com a observação do fenômeno das Auroras.

Para delinear a sequência didática, faremos um levantamento dos elementos presentes na Engenharia Didática (ED), idealizada por Almouloud (2007); Brouseaud (1996) e

posteriormente embasaremos a proposta com a Transposição Didática (TD) e a Teoria Antropológica da Didática (TAD), ambas idealizadas por Chevallard.

No direcionamento da pesquisa, traremos como subsídio os documentos oficiais (Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN, 2000; Orientações Curriculares para o Ensino Médio; Orientações Educacionais Complementares aos PCN, 2002), e as contribuições de trabalhos de grande relevância para a temática, realizados por pesquisadores da aprendizagem de Química e de Física, que estão relacionados com a nossa proposta de estudo – a interseção entre o Ensino de Química e a Astronomia. A inter-relação entre as ciências, proposta de ensino voltada para uma comunicação integradora dos programas de estudo das disciplinas, numa perspectiva de compreensão de filiações entre conhecimentos, entendidos, aqui, tanto o saber fazer quanto os saberes expressos. Seguindo este caminho, objetivamos auxiliar o profissional da área; proporcionar aos estudantes uma melhor formação geral e uma educação permanente, tanto pessoal quanto profissional; acionar o interesse deles pela pesquisa e formar futuros pesquisadores.

Por despertar a curiosidade humana, desde tempos da antiguidade, os temas ligados à Astronomia podem servir como motivadores para introduzir conceitos do Ensino de Química. Daí a importância de trazer esse saber astronômico, contextualizado, para o ensino e a pesquisa em didática das ciências baseado na formulação e aplicação de situações didáticas, nas quais esses temas serão explorados para que o aluno adquira o saber constituído.

O Capítulo I será reservado para a apresentação do objeto do saber: modelos atômicos. Será descrito o cenário do Ensino de Química na atualidade, tendo como base legal o PCN.

No Capítulo II serão apresentados os Modelos Atômicos e a Luminescência no Ensino e para explicar a formação da Aurora. No Capítulo III será abordada a formação da Aurora. O Capítulo IV traz a Teoria da Didática, o Milleu, a Sequência Didática, as Situações Didáticas. O Capítulo V será abordado os experimentos da luminescência fundamentando a metodologia da aplicação. No Capítulo VI discutiremos a sequência didática que deu suporte a este trabalho tendo como tema um breve histórico da Engenharia Didática, a TSD e a TAD. Por fim no Capítulo VII traçaremos as considerações finais.

CAPÍTULO I

METODOLOGIA DE ENSINO E PESQUISA

As primeiras ideias das Teorias das Situações Didáticas (TSD) surgiram nos anos 1960-1980 por Guy Brousseau. Entre 1970 e 1980, Guy Brousseau e Michèle Artigue conceituaram a Engenharia Didática (ED) como uma metodologia de ensino dividida em quatro etapas, que pode ajudar na investigação dos fenômenos didáticos, avaliando ainda se determinada prática de ensino ou dado dispositivo são válidos para tal.

1.1 Recente Evolução Teórica da Didática Francesa

Em 1980, Yves Chevallard, propõe a noção de transposição didática, e em seguida, introduz a Teoria Antropológica do Didático (TAD). Inicialmente, esta teoria propõe-se a descrever e analisar os fenômenos relacionados às atividades matemáticas nas instituições humanas. Daí o seu caráter antropológico. Seu caráter didático entra em cena quando se toma por instituição os órgãos ligados à educação, o professor, o aluno, etc. constituindo-se como uma metodologia de ensino e investigação que surge a partir de uma questão aberta de cunho genérico, que tem o potencial de gerar outras questões, e nesse caso, as respostas dos alunos vão sendo analisadas de acordo com quadro evolutivo de aprendizagem.

O fato das questões serem abertas possibilita correções ao longo do percurso investigativo de estudos ou Percursos de Estudos e Pesquisa (PEP). De acordo com Guadagnini, 2015, o PEP tem sua origem no termo *Parcours d'Étude et de Recherche* (PER) em francês, cujas teorias e metodologias de pesquisa são propostas por Yves Chevallard. Chevallard (2009, apud ALMOULOU; SILVA, 2012) afirma que esta modalidade de praxeologia investigativa tem como propósitos observar o método da ED e oferece ao pesquisador condições e possibilidades únicas de um determinado método investigativo.

Almouloud (2007) enfatiza que este caminho promove as praxeologias coletivas e codisciplinares, no contrário dos caminhos trilhados no ensino tradicional. Praxeologia é um termo que se refere ao estudo das ações humanas, do que leva um indivíduo a alcançar seus propósitos. Quanto às ideias, estas passam a ter sentido quando articuladas com outras ideias. Outro aspecto relevante é o tempo de aprendizado. Daí a busca de trabalho colaborativo. O PEP como uma reconstrução da atividade didática muda a relação temporal neste processo, pois esta não se restringe ao tempo da aula.

O caráter coletivo fundamenta-se nas interações aluno-aluno, aluno-professor na tentativa de formular questões (Q), de amplitude codisciplinar, num sistema didático (S). Essa questão é um conceito-chave na TAD e pode ser descrita como:

Uma questão Q a ser estabelecida, num sistema didático S (X; Y; Q) onde X é um coletivo de estudo (uma classe, uma equipe de estudantes, etc.) e Y um grupo (geralmente reduzido, ou mesmo inexistente) de auxiliares e diretores de estudo (professor, tutor, etc.). A finalidade da constituição desse sistema é estudar Q e procurar uma resposta R que satisfaça algumas restrições *a priori*, confrontando com “meios didáticos” apropriados (ALMOULOU, SILVA, 2012, p. 38).

A codisciplinaridade, é também um importante conceito do PEP, trata-se da integração de ferramentas praxeológicas de várias disciplinas, o autor afirma que “para desenvolver a resposta R à questão posta inicialmente é conveniente organizar um “*milieu*” de trabalho M, que reúne recursos novos e antigos que X irá usar” (CHEVALLARD, 2009, apud ALMOULOU; SILVA, 2012, p. 2), assim estes recursos resultarão em respostas validadas pela instituição R*. O autor ainda afirma que

Barquero, Bosch e Gascón (2011), enfatizam que as possibilidades na implementação do PEP e os efetivos resultados para as resoluções de problemas no processo de ensino-aprendizagem, relacionam-se ao compartilhamento de responsabilidades previamente definidas por parte dos professores e alunos de maneira estável.

A análise destas respostas deve fornecer materiais para a construção da resposta R, sendo esta, então, denotada por R*. Outras obras “O” serão da cultura, qualquer que seja a “dimensão” cultural que fornecem ferramentas para a análise das respostas R*, e da construção da resposta esperada R_I. As obras “O” serão parcialmente desenhadas em várias disciplinas, embora algumas sejam “disciplinas” não reconhecidas porque são emergentes ou culturalmente marginalizadas (ALMOULOU, 2007, p. 18).

Segundo Chevallard (2009, apud ALMOULOU; SILVA, 2012), o estudo escolar apresenta grande complexidade e por isso não há simplicidade na sua modelação. com isso se faz necessário estabelecer o comportamento do professor no acompanhamento da formulação e investigação da questão Q, pois é bem comum que o professor já ofereça respostas prontas ao aluno, de modo que essa resposta é a resposta R* da classe, em que o aluno deverá buscar a resposta R_I através do “*milieu*” M pela classe X. Segundo Chevallard, “*milieu*” é todo ambiente didático que cerca o aluno.

Com relação à investigação codisciplinar, é importante considerar algumas características, assim como a generalidade da questão Q, sua potencialidade em originar outras questões, assim como deve se considerar as condições de ensino e suas limitações

encontradas no sistema de ensino tradicional, como a necessidade de infraestrutura didática adequada para a elaboração e acesso de um projeto. Para Almouloud (2007), o desenvolvimento do corpo docente é de grande importância nesse sentido, além das dialéticas que compõem o sistema de ensino. “As dialéticas do percurso que são Conjecturas X Provas, Indivíduo X Coletivo, Leitura X Escrita, Pergunta X Resposta, Estudo X Investigação, etc.” (ALMOULOU, 2007, p. 28).

1.2 A Engenharia Didática como metodologia de apoio ao percurso

Trata-se de uma proposta metodológica fundamentada nas ideias construtivistas em Piaget em que seus mentores, Guy Brousseau (1996) e Michele Artigue (1996), juntamente com outros estudiosos da Didática da Matemática francesa tinham como teoria principal que a significação do conhecimento, para os alunos, parte da apresentação – por parte do educador – de situações de aprendizagem em que os mesmos são estimulados ao aprendizado através de situações-problema, atividades mais dinâmicas como jogos e outros exercícios que estimulem o raciocínio lógico, ou seja, possibilitando estratégias que levem os alunos a realizarem “operações de seleção, organização e interpretação de informações, representando-as de diferentes formas e tomando decisões, de modo que o processo de construção do conhecimento efetivamente ocorra” (POMMER, 2013, p. 7).

De acordo com Almouloud (2007), apesar de esta metodologia ter surgido no seio da didática dos matemáticos, seus fundamentos teóricos se estendem às ciências naturais, sociais, humanas, etc. os fundamentos teóricos da TSD, da ED, e da TAD, dão conta dos problemas didáticos, embora estas teorias tenham sido originadas na psicologia genética de Jean Willian Piaget (1896-1980) e no sócio-interacionismo de Lev Vigotsky (1896-1934); e

Assim, para suprir uma necessidade de promover a retomada da origem dos saberes, Brousseau (1996), considerava importante se voltar ao contexto original, valorizando a funcionalidade das etapas, reconhecendo assim a importância de se buscar a originalidade do sistema epistemológico-cultural do saber. Partindo do princípio piagetiano de que o conhecimento em classe tem sua gênese semelhante à do conhecimento do ponto de vista epistemológico-histórico.

Segundo Douady (1994), a ED não se trata de uma mera aplicação uma situação-problema. Em determinado contexto, o termo Engenharia Didática designa um conjunto de sequências didáticas projetadas, dispostas e estruturadas no momento em que haja coerência entre os papéis de um professor como engenheiro que realiza um projeto de aprendizagem

para os agentes desse processo. Durante a interação professor-aluno, o projeto evolui sob as reações dos alunos com base em escolhas e decisões do professor. Para Veras e Ferreira (2010, p. 233), a postura tomada pelo professor nessa relação, pode favorecer.

O estabelecimento de uma relação positiva entre o sujeito e os conteúdos acadêmicos, uma vez que, foi possível observar na fala deles, que a atuação dos professores despertou o seu interesse no aprendizado do objeto de conhecimento, fazendo com que buscassem dar um retorno aos professores através do cumprimento das atividades solicitadas e da participação efetiva nas aulas. Também o fato de vivenciarem uma relação positiva com o professor através do diálogo e da proximidade, contribuiu para um ambiente de ensino e aprendizagem prazeroso.

Assim, a ED é ao mesmo tempo um produto, resultado de uma análise *a priori*, e um processo no qual o professor utiliza o produto adaptando-o, se necessário, de acordo com a dinâmica da classe.

A ED, como metodologia descrita por Artigue (1996, *apud* POMMER, 2013), compreende quatro fases: a 1ª fase, das análises preliminares; a 2ª fase, da concepção e da análise *a priori*; a 3ª fase, da experimentação; e a 4ª e última fase, da análise *a posteriori* e validação, conforme expresso na Figura 1:

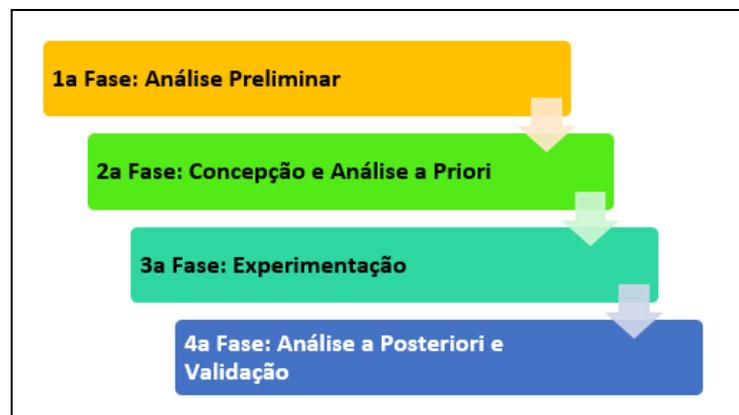


Figura 1 - As quatro fases da Engenharia Didática
Fonte: Do Autor.

É importante salientar que as quatro fases não ocorrem, geralmente, de forma linear e estanque. A elaboração da ED necessita, em alguns momentos, da articulação, da antecipação e superposição dos elementos que compõem essas etapas (ARTIGUE, 1996, *apud* POMMER, 2013).

As análises preliminares têm como o objetivo de situar o objeto de estudo no contexto de pesquisas já realizadas, delimitando aspectos cognitivos, epistemológicos e didáticos relacionados ao conceito ou ao campo investigado, levando em consideração o campo de delimitações onde será realizada a situação didática. Posteriormente às análises preliminares,

é feita a concepção e a análise *a priori*, nas quais as situações concebidas são descritas em termos dos seus objetivos e variáveis de comando, e analisadas preditivamente no sentido das possibilidades de ação e comportamento dos estudantes. Assim, aplica-se a sequência didática na fase de experimentação e, posteriormente, é feita a análise *a posteriori* que confrontada com a análise *a priori* resulta na validação da sequência.

Para permitir minimamente o alcance desses objetivos de pesquisa do professor ou o construtor dessas situações-problema necessita escolher variáveis didáticas que tenham potencialidades de provocar as mudanças desejadas no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem do objeto a ser ensinado em jogo.

Essas variáveis didáticas que podem ser manipuladas pelo professor/pesquisador, segundo Artigue (1996, apud MATOS FILHO, 2015, p. 4) são de dois tipos:

As variáveis macro didáticas ou globais, que dizem respeito à organização global da engenharia; e as variáveis micro didáticas ou locais, que dizem respeito à organização local da engenharia, isto é, à organização de uma sessão ou de uma fase, podendo umas e outras ser, por sua vez, variáveis de ordem geral ou variáveis dependentes do conteúdo didático cujo ensino é visado.

Segundo Almouloud (2007), essas variáveis podem ser generalizadas, ou específicas com relação ao conteúdo seja físico, químico, matemático, astronômico, etc., assim a análise dessas variáveis acontece em três dimensões: a) a epistemológica, que diz respeito à teoria do conhecimento; b) a cognitiva, relacionada à capacidade de compreensão e interpretação do sujeito da aprendizagem; c) a didática, que se refere ao método e elementos que compõem o sistema de ensino no qual os alunos fazem parte.

O objetivo de uma análise *a priori* é determinar como as escolhas efetuadas, as variáveis que são consideradas pertinentes permitem controlar os comportamentos dos alunos e explicar seu sentido. Em uma análise *a priori* deve-se:

- Relatar as opções das variáveis locais e as características da situação didática a ser desenvolvida;
- Avaliar a importância da situação para o aluno e, em particular, a função das possibilidades de ação, escolhas para a construção de estratégias, tomadas de decisões, controle e validação que o aluno terá. As ações do aluno são vistas no funcionamento, quase isolado, do professor, que, sendo o mediador no processo, organiza a situação de aprendizagem de forma a dar ao aluno autonomia para sua aprendizagem.

- Se antecipar aos possíveis comportamentos buscando apresentar como a análise possibilita um controle desses comportamentos, se e quando eles intervêm, resultem no desenvolvimento do conhecimento observado no processo de aprendizagem (ALMOULOUD, 2007).

Sendo assim, esta metodologia possibilita uma antecipação na análise *a priori*, o que pode acontecer no processo de aprendizagem, através de alternativas adequadas das variáveis didáticas, o que resulta na evolução das estratégias a serem desenvolvidas pelo aluno. As hipóteses assumidas podem ser validadas na análise *a posteriori*, pela confrontação dos objetivos propostos com as manifestações dos alunos.

Artigue (1996, apud POMMER, 2013) aponta que a análise de uma situação didática com base no modelo proposto por Brousseau precisa reconhecer as variáveis didáticas compreendidas determinando padrões determinantes para viabilizar o conhecimento que se espera. Em meio às variáveis apresentadas numa situação didática existem as variáveis de comando, são as usadas pelo docente no direcionamento e manipulação da atividade para que o professor alcance suas metas relativas à evolução do comportamento dos alunos.

O uso da TSD “dentro da metodologia de Engenharia Didática vista como paradigma metodológico bem definido, contribui para descrever a situação, estabelecendo problemas, questionários e observações propiciando significado do objeto de estudo para o aluno” (POMMER, 2013, p. 22). É necessário que no decorrer das atividades o professor interfira de forma minimizada para que os alunos sejam encorajados a resolver os problemas de forma autônoma, preferencialmente utilizando conhecimentos já previamente recebidos.

Esses conceitos integram os saberes que podem existir dentro da escola. Esta é uma das razões da utilização do percurso didático para facilitar o processo de ensino aprendizagem, a partir desses saberes onde suas práticas serão objeto de análise.

Entretanto, é necessário destacar o que se propõe fica mais bem caracterizado com a ED, que se evidencia por um volume menor de dados a serem analisados que, segundo Artigue (1996, apud POMMER, 2013), são mais fáceis de iniciar numa sala de aula, de forma apropriada a iniciantes nessa abordagem.

1.3 Teoria das Situações Didáticas (TSD)

A Teoria das Situações Didáticas (TSD) teve origem na França ao fim da década de 60 do século XX, seu surgimento se deu através de estudos realizados no Instituto de

Investigação do Ensino de Matemática (IREM), em meio ao movimento da Matemática Moderna, naquele período, a educação se voltava para a visão do cognitivo, com base nos estudos de Piaget e seus colaboradores, cuja evidência estava no desenvolvimento do pensamento matemático, focando o estudo desse desenvolvimento da idade infantil, deixando, porém de observar a particularidade da aprendizagem de cada conhecimento matemático no que diz respeito à estrutura formal e a função da lógica como fundamentais (POMMER, 2013).

Segundo Menezes (2008), a TSD foi desenvolvida por desenvolvida por Brousseau e atualmente é reconhecida como instrumento científico que tem potencial de integrar conteúdos de diferentes disciplinas a fim de gerar maior compreensão das possibilidades de melhoramento e de regulamentação do ensino.

Chevallard (2009, apud ALMOULOU; SILVA, 2012) afirma que o saber não é transmitido aos sujeitos de ensino da forma que foi produzido no contexto científico, o autor acredita que esse saber sofre um processo de transformação, recebendo uma nova “roupagem didática” durante o ensino e justifica com o fato de que a comunidade científica e a escola possuem objetivos diferentes.

Na abordagem da TSD, Brousseau (1996 apud POMMER, 2013) descreve que o objetivo dessa teoria é de propiciar a reflexão sobre as relações entre os conteúdos do ensino e os métodos educacionais, e, de modo mais amplo, abordando a didática como campo de investigação cujo objeto é a comunicação dos conhecimentos matemáticos e suas transformações. Isso porque, para o autor, o ensino é concebido a partir de relações entre o sistema educacional e o aluno, vinculado à promoção de determinado conhecimento através da mobilização de meios, *milieu*, que o sistema de ensino usa para este fim.

Brousseau (1996 apud POMMER, 2013) aponta que o aluno se torna um pesquisador a partir do momento que testa conjecturas, formula hipóteses, constrói, confronta teorias, e socializando os resultados. O professor tem o papel de prover condições favoráveis, para que o sujeito de aprendizado possa transformar o saber em conhecimento. Assim, o autor enfatiza que as situações de ensino devem ser criadas pelo professor, de modo a aproximar o aluno do saber do qual ele deve se apropriar, e para isso, é necessário que o professor exerça de forma contínua dois importantes papéis:

- Buscar situações onde os alunos possam contextualizar e personalizar o saber, experimentando o conhecimento.
- Contribuir com o aprendizado através da descontextualização e

despersonalização dos conhecimentos, possibilitando maior dinamismo e significação às produções dos alunos (POMMER, 2013).

Ainda de acordo com o autor, para que se garanta o aprendizado é necessário que o aluno possa exercer um papel ativo diante de uma situação, sendo o construtor do conhecimento. De modo que a resposta inicial que o aluno deve buscar não deve ser oferecida pelo professor, mas permitir que o aluno possa se basear em conhecimentos anteriores, para o autor, isso gera um desequilíbrio que impulsiona o aluno a buscar modificações na estratégia inicial através de acomodações em seu sistema de conhecimentos, onde as modificações geradas pela situação impulsionarão a aprendizagem (POMMER, 2013).

De forma sucinta o desafio do professor será apresentar ao aluno situações de aprendizagem a fim de que o próprio aluno desenvolva seu próprio conhecimento a partir de respostas a uma pergunta, fazendo funcionar ou modificando-os para atender as exigências do meio e não às solicitações do professor (BROUSSEAU, 1996 apud POMMER, 2013). O mais interessante é que o modelo proposto modifica e rompe com modelos tradicionais, que geralmente propõem que o professor ensine e o aluno de forma passiva absorva os conteúdos, através de um ensino unilateral.

1.4 O Milieu e a Situação Adidática na TSD

Na teoria de Brousseau (1996, apud POMMER, 2013), o meio é revelado através do comportamento dos alunos, e esse meio deve ser independente e contraditório ao sujeito de aprendizagem. É necessário que seja independente, pois é importante que o aluno seja o condutor do aprendizado no direcionamento das situações apresentadas pelo educador. É necessário ainda que haja um equilíbrio entre a capacidade do aluno no que diz respeito ao avanço da atividade, por isso a atividade não deve ser nem tão complexa, nem tão fácil a ponto de ser desmotivador.

O *milieu* deve ser elaborado pelo professor ou pesquisador de forma que o processo de aprendizagem possibilite ao aluno refletir sobre as assimilações, e seu comportamento durante a atividade, na busca de soluções, sendo necessária à imposição de restrições por regras a serem seguidas. Assim, o *milieu* precisa ser preparado a partir de uma situação adidática. De acordo com o autor, na situação adidática o próprio aluno tem a compreensão do objetivo da atividade que é possibilitar que este adquira um novo conhecimento, e tal conhecimento “é justificado pela lógica da situação e prescinde das razões didáticas para construí-lo. Como o

aluno não pode resolvê-lo “de pronto”, o professor apresenta situações adidáticas que ele seja capaz de solucionar com a bagagem de conhecimentos que possui” (POMMER, 2013, p. 9).

Brousseau (1996, apud SILVA; FERREIRA; TOZETTI, 2015) afirma ainda que o *milieu* antagonista permite uma resistência na dose certa para o aluno, ou seja, se forma muito baixa a aproximação entre os conhecimentos já adquiridos anteriormente pelo aluno e os novos conhecimentos, existe uma grande possibilidade que o efeito desse *milieu* não produza o efeito esperado. Portanto, se o educador auxiliar o aluno mais do que deveria, a fim de aumentar essa aproximação, o papel antagonista do *milieu* não mais existirá, e assim será formado um *milieu* aliado, algo que pode prejudicar efetiva participação do estudante durante o processo de aprendizagem. Assim, o *milieu* considerado apropriado é o que mantém uma distância entre o conhecimento almejado e o anterior seja possível de atingir, ainda que parcialmente, mas que seja através dos esforços do aluno, pois dessa forma este se apropria do papel de sujeito-pesquisador.

Com base nesses conhecimentos, é proposto por Brousseau um Triângulo Didático, (Figura 2), que é o conjunto de três elementos importantes para o processo de aprendizagem, sendo o professor, o aluno e o saber. O autor esclarece ainda que estes são parte da relação didática, de uma relação que geralmente é ao mesmo tempo dinâmica e complexa, que considera a comunicação entre os elementos humanos e os elementos não humanos, ou seja, entre professores e alunos e o saber, sendo esses os fatores que determinarão o desenvolvimento do saber (SILVA, FERREIRA E TOZETI, 2015).

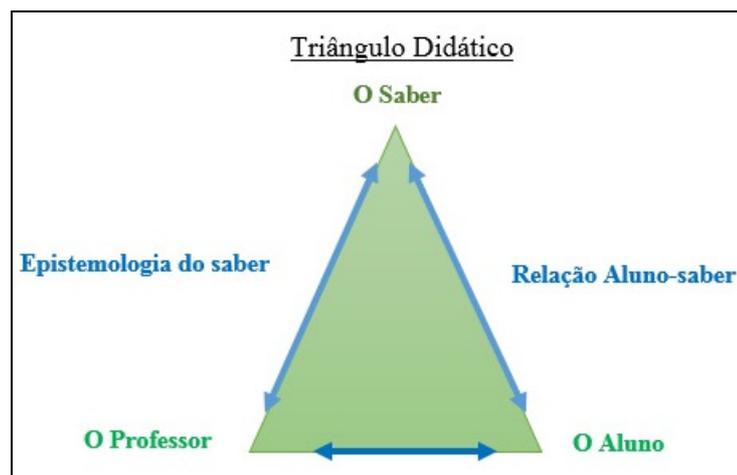


Figura 2 - O triângulo didático

Fonte: Do Autor, adaptado de POMMER, 2013, p. 13.

Para Pommer (2013, p. 13), a situação didática é utilizada para:

Descrever os modelos que delineiam as atividades do professor e do aluno. É todo contexto que cerca o aluno, nele incluídos o professor e o sistema educacional. A situação é criada para ensinar um conhecimento ou controlar a sua aquisição. Abrange um meio material (peças de um jogo, um desafio) e o seu desenvolvimento pode produzir um efeito de ensino.

Desse modo, o processo de aprendizagem pode ser alcançado pelo aluno, que nesse contexto, compreende o *milieu* preparado para a situação sem que haja intervenção direta do educador, e dessa forma os conhecimentos surgem como ferramentas de controle das situações em estudo.

1.5 O Contrato Didático

Para Brousseau, o contrato didático é um conjunto de regras que o professor estabelece com os alunos,

é uma relação que determina – explicitamente em pequena parte, mas, sobretudo implicitamente – aquilo que cada parceiro, professor e aluno, têm a responsabilidade de gerir e pelo qual será de uma maneira ou de outra, responsável perante o outro (ALMOULOU, 2007, p. 89).

O contrato didático trata-se de um acordo entre professor e aluno que propõe o objetivo de que os alunos envolvidos possam adquirir novos saberes, de forma didática, de acordo com preparação de atividade pelo professor, e como o contrato pode não alcançar seus objetivos logo no começo do processo, o professor deve avaliar e verificar a causa do não cumprimento do contrato, e após ser identificado o motivo, será necessário reestruturar esse contrato, ou seja, o contrato didático é flexível, pode ser modificado de forma justificada (OLIVEIRA *et al*, 2012).

É interessante reconhecer que o saber tem uma trajetória, cujo roteiro se inicia na sua produção, ou seja, no Saber Científico e segue seu caminho na escola, através do Saber a ser Ensinado, e finaliza esse percurso dentro da Sala de Aula. Essa última etapa reflete o momento em que ocorre o “trabalho interno de transposição, que tem no professor o responsável por esse novo momento de transformação do saber” (CHEVALLARD, 1991, *apud* MATOS FILHO, MENEZES; SILVA, p.1192). Assim, um novo contrato deve estar sempre em concordância com um percurso de ensino que vise torná-lo significativo.

Do ponto de vista metodológico, a implantação de um PEP e a ED, permitem inovar o contrato didático posto no ensino tradicional ao conciliar ensino e pesquisa. Isto significa colocar em prática as novas praxeologias do ensino de química como estratégia didática privilegiada a favor do professor crítico e reflexivo (SILVA; NASCIMENTO JR, 2017).

1.6 Situação Didática e Adidática

Na situação didática o sujeito de aprendizagem se depara com situações desenvolvidas pelo professor, cujo objetivo é gerar no aluno suas próprias ações na busca do conhecimento. O mais interessante é que não se deve, inicialmente, apresentar aos alunos os pressupostos didáticos que estão inclusos no objeto de estudo do que está sendo apresentado ali, apenas deve ficar explícito após o sucesso de uma tarefa complexa. A devolução representa uma importante condição fundamental que demonstra que o aluno compreendeu e aceitou e se comprometeu em buscar a solução da situação ou problema que lhe foi apresentado, demonstrando ainda compreensão de que a situação elaborada pelo educador foi passível de ser resolvida a partir de conhecimentos prévios, e desse modo, a devolução implica na conversão da situação proposta no problema do aluno (POMMER, 2013).

O papel do conhecimento numa situação didática é o de permitir a antecipação. Para isto, o papel do professor é possibilitar que o aluno atue sobre a situação, sem interferência explícita, nem condução, para Brousseau (1996, *apud* POMMER, 2013, p.15) “se uma situação leva o aluno à solução como um trem em seus trilhos, qual é a sua liberdade de construir seu conhecimento?”.

A situação adidática está inclusa em uma situação mais abrangente, e nesse contexto o professor está envolvido em um jogo com as interações dos alunos, definida como situação didática. Assim, para Brousseau (1996, *apud* POMMER, 2013) essas situações são as que o professor tem sucesso em omitir sua opinião e intervenções, e informações determinantes do que o aluno deverá fazer funcionam sem a intervenção do professor ao nível dos conhecimentos. Almouloud (2007) cita que a situação fundamental é uma situação adidática característica de um saber ou de um conhecimento, sendo que os diferentes valores dados às variáveis didáticas da situação fundamental devem gerar todas as situações representativas dos sentidos ou ocasiões de emprego do saber em questão.

1.7 Variáveis Didáticas e Adidáticas

O elemento da teoria das situações didáticas são as variáveis didáticas, Brousseau (2008) e seus seguidores defendem uma abordagem de ensino que jogue com as variáveis didáticas para a construção do conhecimento. Visto que, uma situação didática ocorre quando: “um dos sujeitos demonstra a intenção de modificar o sistema de conhecimentos do outro (os

meios de decisão, o vocabulário, as formas de argumentação, as referências culturais)” (BROSSEAU, 2008, p. 53). Na progressão da aprendizagem, há algumas variáveis sobre as quais o professor não exerce qualquer controle e outras, razoavelmente controláveis pela ação didática.

O aluno percebe a importância daquele problema bem elaborado com a finalidade de que adquira novos saberes, compreendendo a importância e sua capacidade de construí-lo, sem recorrer a razões didáticas, e é interessante que esse sujeito de aprendizagem somente terá adquirido esses novos saberes após ter a capacidade de aplicá-lo, por si próprio, às situações enfrentadas fora do contexto de ensino e na ausência de qualquer indicação intencional.

1.8 Avaliação

A avaliação é de grande importância para do processo de aprendizagem, pois impacta diretamente no desenvolvimento desse processo, e a mesma pode ser um mediador do estudo de fenômenos de ensino e de aprendizagem, especialmente do sujeito de aprendizagem, e erros cometidos pelos mesmos. Enquanto educador, os principais motivos de preocupação dos docentes são o saber e seu desenvolvimento nos alunos, e enquanto avaliador, o que está sendo atendido de fato é um pedido social (ALMOULOUD, 2007).

São três as principais funções da avaliação, no que diz respeito à vivência escolar em classe: as funções formativas, somativas e predicativas. E segundo Almouloud (2007), a avaliação do processo ensino-aprendizagem, essas três funções são: diagnóstica, formativa, e somativa.

a) A avaliação diagnóstica: ou analítica, é a avaliação apropriado para o começo do período letivo, pois possibilita à compreensão do cenário que vai ocorrer o processo de ensino-aprendizagem, nesse caso, o principal objetivo do professor é analisar o conhecimento prévio de cada aluno, predefinindo os pré-requisitos necessários de conhecimento ou habilidades que são indispensáveis para a elaboração de uma nova etapa de aprendizagem.

b) A avaliação formativa: ou controladora, trata-se da que possui como função controlar se os estudantes estão alcançando os objetivos propostos anteriormente e deve ocorrer durante todo o período letivo. Nesse caso, a avaliação busca verificar o domínio de cada etapa no sentido gradativo e hierárquico, antes de avançar para a etapa posterior. A avaliação formativa possibilita ainda ao professor reconhecer

deficiências na sua metodologia didática, contribuindo para a reformulação da mesma, a fim de aperfeiçoá-la. E para que esta haja eficiência na sua realização, é importante que seja elaborada em função de todos os objetivos, e assim, o professor deverá dar continuidade ao seu trabalho podendo ainda conduzi-lo para que os alunos, em sua maioria, venham alcançar os objetivos propostos. A avaliação formativa deve, segundo ainda Almouloud (2007, p. 106),

autorizar a produção de erros e permitir que as concepções, espontâneas ou não, sejam explicitadas e tenham um espaço privilegiado nesse processo. O contrato didático relacionado com a avaliação formativa deve valorizar o saber esperado e favorecer um comportamento ativo, ressaltando, para os alunos, a importância das conjecturas e das questões pertinentes, tendo em vista as aprendizagens desejadas.

c) A avaliação somativa: também denominada de classificatória, possui a função de classificar os alunos, e é geralmente realizada na etapa final de um curso ou unidade de ensino, e assim, os estudantes são classificados com relação aos níveis de aproveitamento predefinidos no planejamento do curso.

1.9 Sequência Didática(SD)

Sequência Didática (SD) é um conjunto de atividades escolar ligadas entre si, planejadas passo a passo, contendo conteúdo e objetivos previamente selecionados. A SD é um conjunto de atividades realizadas, organizadas, de forma sistemática a partir de um objetivo previamente selecionado. Busca favorecer a promoção do aprendizado dos alunos, (Dolz, Noverraz e Schneuwly, 2004, p. 97).

A SD parte de um planejamento didático. A escolha da evolução dos conteúdos deve ser organizada de forma linear de um grau de complexidade menor e que aumenta gradativamente, conforme demonstrado na Figura 3. Os conteúdos sequenciais torna o ensino mais significativo para o aluno, por ser menos fragmentado.

A SD tem como finalidade diminuir o grau de complexidade das atividades didáticas, permitindo que os alunos consigam absorver melhor o grau de entendimento de determinado conteúdo. É um recurso didático que delinea a orientação da ministração das aulas com vista à sistematização do ensino oferecendo o passo a passo na construção do conhecimento, (Barbosa, 2011).

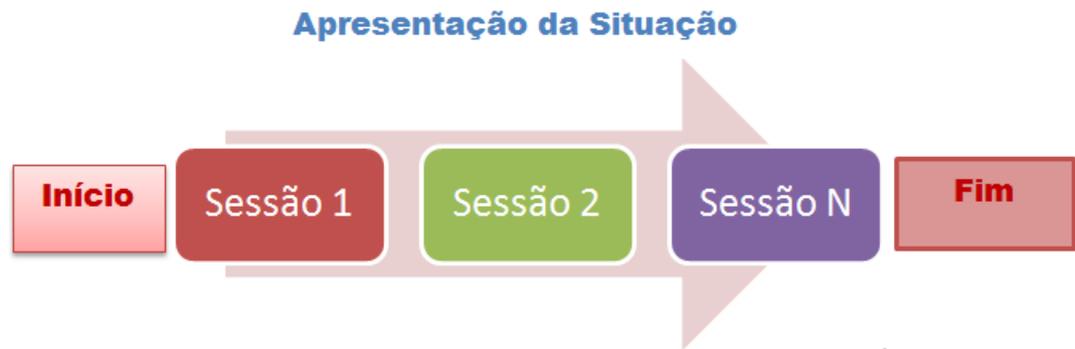


Figura 3 – Esquema da Sequência Didática
Adaptado: Sequência Didática (DOLZ; NOVERRAZ; SCNEUWLY).

Para que uma sequência didática obtenha êxito, é necessário seguir alguns passos que, obrigatoriamente, devem ser respeitados como, por exemplo, uma apresentação da proposta de ensino que pode se iniciar com uma questão de diagnóstico para avaliar o grau de conhecimento de determinado conteúdo, a apresentação dos conteúdos previamente selecionados, a ministração dos conteúdos utilizando de recursos previamente definidos e por fim uma avaliação final para comparar os as análise preliminares e se o processo obteve o resultado esperado.

Uma SD segundo (Barbosa, 2011), parte do pressuposto de etapas a serem seguidas, a seguir propomos uma estrutura que poderá ser adaptada a depender do objetivo que se estabeleça preliminarmente: tema, introdução, justificativa, público alvo, perfil da turma, quantidade de aulas, conteúdo previamente selecionado, quadro resumo de aulas, recursos a serem utilizados, descrição das aulas a serem ministradas.

1.10 Detalhamento das quatro fases da Engenharia Didática

A origem do termo didática é grega, *didaktiké*, podendo ser traduzido por arte ou técnica *de ensinar*. A didática é a parte da pedagogia que estabelece métodos e técnicas de ensino, além de recursos necessários para a prática docente em sala de aula, com base nas diretrizes pedagógicas. A didática pode ser também definida como a ciência que estuda as etapas do processo de ensino-aprendizagem.

Nascia assim a didática, no cerne de uma verdadeira revolução social e política, contra a hegemonia do poder do clero católico na condução do destino da humanidade. Dependendo das circunstâncias e do momento histórico, a didática pode ser considerada como a ciência do ensino, a arte do ensino, uma teoria da instrução, uma teoria da formação ou mesmo uma tecnologia para dar suporte metodológico às disciplinas curriculares (PIMENTA, 2013, p. 143-144).

A noção de engenharia didática emergiu na didática da matemática, enfoque da didática francesa, no início dos anos 1980, e segundo Artigue (1996, *apud* POMMER, 2013), trata-se de uma forma comparativa relacionada ao trabalho do engenheiro que, se fundamenta em conhecimentos científicos específicos para a realização de um projeto, de forma que este se submete a um controle de tipo científico.

Nesta metodologia, as quatro etapas que se seguem podem ser retomadas na medida em que se façam necessárias às correções no percurso de ensino e investigação são análise prévia, análise *a priori*, experimentação e análise *a posteriori*.

1.11 Análise Prévia

A Engenharia didática tem uma característica bastante peculiar que é a maneira de organizar os procedimentos metodológicos dentro da pesquisa em Didática. O interessante é que ela trata de aspectos teóricos e experimentais fazendo uma relação entre a teoria e a prática, ou seja, uma junção bastante rica entre a pesquisa e a prática educativa. Dessa forma, o sucesso do trabalho depende da realização de todas as etapas, desde a criatividade inicial até a sua execução prática, na maioria das vezes, em sala de aula. Além disso, é necessário que a cada etapa do acontecimento prático da pesquisa ocorra uma espécie de controle sistematizado visando assegurar o nível de confiança da atividade científica.

Esses aspectos fazem parte da formação do objeto de estudo. Além disso, é necessário o levantamento das constatações empíricas, destacar a formação de ideias das pessoas envolvidas e compreender a realidade em torno da experiência a ser executada, pode constatar isto na análise da atividade diagnóstica aplicada em sala.

Para Almouload, “um dos objetivos das análises prévias é identificar os problemas de ensino e aprendizagem do objeto de estudo e delinear de modo fundamentando a(s) questão (ões), as hipóteses, os fundamentos teóricos e metodológicos da pesquisa” (ALMOULOAD, 2007, p.17).

Nesta fase busca-se analisar as possíveis causas do problema a ser pesquisado bem como subsídios para o tratamento desse problema, com vistas a embasar a concepção da engenharia didática. As análises são feitas levando-se em consideração o perfil teórico sobre o qual o pesquisador se apoia e os conhecimentos didáticos já adquiridos sobre o tema em estudo. Além disso, dependendo do objetivo da pesquisa, pode constar análise epistemológica dos conteúdos contemplados pelo ensino, análise do ensino atual e seus efeitos, análise da concepção dos alunos, das dificuldades e obstáculos que determinam sua evolução.

Segundo Artigue (1996, *apud* POMMER, 2013), cada uma dessas fases é retomada e aprofundada ao longo do trabalho de pesquisa, em função das necessidades emergentes. Isso significa que a expressão “análises preliminares” não implica que após o início da fase seguinte não se possa retomá-las, visto que a temporalidade identificada pelo termo “preliminar” ou “prévia” é relativa, pois se refere apenas a um primeiro nível de organização. Na realidade, deve ser um trabalho concomitante com as demais fases da pesquisa. Estas análises preliminares devem permitir ao pesquisador a identificação das variáveis didáticas potenciais que serão explicitadas e manipuladas nas fases que se seguem: a construção da sequência de ensino e análise *a priori*.

1.12 Análise a Priori

Para Almouloud (2007, p.174), “com a finalidade de responder à(s) questão(ões) e validar as hipóteses levantadas na fase anterior, o pesquisador deve elaborar e analisar uma sequência de situações-problema”. As variáveis de comando podem ser globais ou locais. As globais dizem respeito à organização integral da engenharia didática e as locais dizem respeito à organização local da engenharia, ou seja, de uma fase. Essas variáveis são importantes, pois serão articuladas e observadas com minúcia no decorrer da sequência didática. A aplicação da sequência didática é feita por uma quantidade de aulas ou sessões.

Estas sequências de aulas devem ser elaboradas levando em consideração os resultados dos estudos prévios, permitindo que os alunos desenvolvam certas competências e habilidades. Estas habilidades terão como objetivos segundo colaborar com o aluno na ação de construir conhecimentos e saberes de forma construtiva e significativa, a fim de desenvolver como leitura, interpretação e utilização prática do conhecimento matemático, assim como o desenvolvimento do raciocínio dedutivo (BROUSSEAU, 1996).

Tomando como base as análises preliminares e o referencial teórico, é nesta fase que o pesquisador elabora a sequência didática que será aplicada, além de decidir agir sobre um determinado número de variáveis relacionadas ao problema estudado.

1.13 Experimentação

Machado (2002, *apud* POMMER, 2013, p. 25) aponta que na fase da experimentação faz-se necessário deixar claros os seguintes pontos: “i) explicitação dos objetivos e condições de realização da pesquisa; ii) estabelecimento do contrato didático; iii) aplicação dos

instrumentos de pesquisa e, iv) registros das observações feitas durante as aulas”. Portanto, cabe aos professores, diante do posicionamento assumido frente ao objeto de ensino, elaborar abordagens metodológicas que sigam os princípios acima evidenciados. Para Almouload (2007, p.177), a etapa de experimentação é “clássica: é o momento de se colocar em funcionamento todo o dispositivo construído, corrigindo-o quando as análises locais do desenvolvimento experimental identificam essa necessidade”.

A fase da experimentação é, sem dúvida, uma das fases mais importantes da ED, pois, além de garantir a proximidade dos resultados práticos com a análise teórica, pode ser filmada, gravada, fotografada ou apenas descrita pelo pesquisador. A contribuição da ED para a sala de aula, como campo metodológico, diz respeito à possibilidade de prover a fundamentação teórica para que o professor conheça o significado e amplie o leque de opções, formando elo entre a teoria e a prática de sala de aula (SILVA; FERREIRA; TOZETTI, 2015).

Um importante recurso que fica caracterizado nesta metodologia é a necessária revisão bibliográfica com relação ao conhecimento, dimensão epistemológica. A busca das origens dos conhecimentos permite ao professor aprimorar a relação com o saber, o que incrementa a comparação com relação aos métodos didáticos disponíveis e pode melhorar a qualidade do processo de ensino aprendizagem em sala de aula. De outra maneira, “o domínio dos aspectos metodológicos pode imprimir uma rotina criativa e autônoma para o aluno, algo pouco trabalhado no ensino da química e fora da matemática de um modo geral” (POMMER, 2013, p. 26).

1.14 Análise a Posteriori e Validação

A análise *a posteriori* segundo Almouload (2007, p. 177) trata-se de uma sessão e “é o conjunto de resultados que se pode tirar da exploração dos dados recolhidos e que contribui para a melhoria dos conhecimentos didáticos”. Assim, a análise *a posteriori* depende de material didático como: vídeo, gráficos, questionários, etc. que serão utilizadas com as quais se coletam os dados que permitirão a construção dos protocolos de pesquisa. Para Pommer (2013), esses protocolos são instrumentos de coleta de dados e informações que, passarão por profundas análises por parte do pesquisado, cujas informações deverão ser confrontadas com a análise *a priori*.

Artigue (1998, *apud* POMMER, 2013) propõe que a análise *a posteriori* trata-se de uma análise de grupo de informações coletadas na etapa de experimentação, devendo ser

baseada na produção e registro dos observadores envolvidos no estudo, para tanto é necessário que essa análise seja realizada confrontando a análise *a priori* a fim de validar ou não as hipóteses levantadas inicialmente.

Para Berenguer (2010) a fase de da análise *a posteriori* se inclina para o tratamento das informações adquiridas em decorrência da aplicação da sequência didática na fase anterior, a de experimentação, além disso, a aquisição dessas informações vem por intermédio do pesquisador ou da equipe que está aplicando a experiência. A análise *a posteriori* também tem o objetivo de complementar os dados obtidos por intermédio de questionários e entrevistas.

Outro aspecto é que o domínio dos aspectos metodológicos pode imprimir uma rotina criativa e autônoma para o aluno, algo pouco trabalhado no ensino de química. Ao conhecer os fundamentos que regem as etapas de análise preliminar, concepção e análise *a priori*, o professor obtém um domínio da formulação das situações de aprendizagem, o que aprimora a relação dos alunos com o conhecimento. A Validação trata-se de redigir as conclusões finais, explicando, em função dos dados coletados, quais hipóteses são ou não válidas.

1.15 Teoria do Antropológico Didático (TAD)

A Teoria Antropológica do Didático (TAD) foi desenvolvida por Yves Chevallard, desde os anos 90 do século XX, e aborda a matemática no contexto das atividades humanas e das instituições sociais. Chevallard apresentava um postulado básico para essa teoria, considerando que toda atividade humana pode ser submetida a um modelo único, ou seja, uma praxeologia, a exemplo de digitar algo, calcular o resultado de uma função em um ponto, dentre outras atividades a serem desenvolvidas em dada instituição (ROSSINI, 2005).

Neste trabalho, a TAD possui um papel central como referência teórica, e por isso, alguns pontos mais específicos serão agora definidos nesta seção que visa a revisitar conceitos chaves da TAD, bem como apresentar de forma mais detalhada seu aspecto estrutural (a praxeologia) e funcional (os momentos didáticos).

Em primeiro lugar, é preciso pontuar que a TAD não é uma teoria cognitiva do conhecimento, ou seja, ela não leva em consideração os processos cognitivos por trás da aprendizagem, considera apenas as especificidades do conhecimento, supondo que são estas últimas que explicam a diversidade de fenômenos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

Para Chevallard (2007, apud ALMOULOUD; SILVA, 2012, p. 29), “o que o estudante vai ou não fazer não é determinado por suas propriedades internas, mas pelo ambiente no qual ele está inserido”. Ou seja, o comportamento do aluno depende mais do conhecimento transmitido e da forma como ele é transmitido, do que das suas características cognitivas, e é isto que justifica a TAD ter como objeto de sua atenção, os saberes e as atividades humanas.

Vale ressaltar ainda que quando se fala de aluno e estudante, não se pretende reduzir a TAD aos processos que acontecem na escola. Na verdade, a TAD possui um caráter cultural muito abrangente e isto se torna mais claro quando se define melhor o significado dado a alguns termos que serão explorados a seguir:

No contexto da TAD, didático é uma palavra utilizada toda vez que se faz referência ao estudo, sendo esta uma ação que se faz com o objetivo de aprender qualquer coisa: saber, aprender-fazer qualquer coisa, saber-fazer. Como o didático se refere ao estudo de qualquer coisa, é evidente que a teoria não se restringe aos processos escolares. Na verdade, “o ensino que ocorre na sala de aula não é o único meio para o estudo” Chevallard (2007).

Quando então, neste contexto, o conceito de processo didático for usado, não se deve entender como um processo de ensino que ocorre na escola, mas como um processo de estudo, estudo este que pode ser sobre qualquer tema e ocorrer em qualquer lugar. É claro, entretanto, que apesar do caráter cultural da TAD, são os pesquisadores da área de educação que mais se utilizam dessa teoria como referencial teórico para as suas pesquisas.

Para Chevallard (2007, apud ALMOULOUD; SILVA, 2012), o processo didático é aquele que ocorre toda vez que alguém ou um grupo de pessoas são levados a estudar alguma coisa, ou seja, toda vez que uma pessoa ou um conjunto de pessoas fazem algo com o objetivo de aprender, ou aprender a fazer algo. A aprendizagem, então, é o efeito buscado pelo estudo.

No processo didático, quando se pretende ensinar saberes que pertencem às organizações praxeológicas específica de uma matéria, por exemplo, elementos de uma organização praxeológica da química, o professor pode utilizar de um conjunto de outros tipos de tarefas, com suas correspondentes técnicas, tecnologias e teorias, referentes à abordagem, organização e foco do conteúdo, que constituem a praxeologia didáticas (DIOGO; OSORIO; SILVA, 2017).

CAPÍTULO II

APLICAÇÃO DA PROPOSTA

No contexto dessa pesquisa, foi planejada a apresentação de um percurso investigativo em ED. Assim, o professor concebe, articula e organiza situações para a integração da proposta de criação e resolução de análise praxeológica das suas organizações didáticas. Deste modo, foi proposta nesta pesquisa a articulação da ED com o ensino de conceitos químicos – particularmente: reações químicas e modelo atômico. As sequências didáticas se materializam na forma de situações-didáticas na concepção de Brousseau (1996). Isto atende o objetivo de construir dispositivos de ensino e investigação para o ensino e a aprendizagem dos conceitos químicos envolvidos a partir do tópico ligado à Astronomia. Assim, alguns elementos da ED foram empregados.

A aplicação da proposta caracterizou-se com uma turma de 50 alunos da 2ª série que queriam ampliar seus conhecimentos do Ensino de Química, localizado no Colégio Modelo Luiz Eduardo Magalhães, situado no município de Feira de Santana-Bahia. A aplicação do dispositivo ocorreu no período entre Abril e Julho de 2017.

Para responder as questões propostas, o percurso da ED percorrido foi:

- a) Quadro Teórico descrito no capítulo três: Evolução teórica da didática francesa, onde foram descritas a Teoria das Situações Didáticas (TSD) e suas variáveis, as quatro fases da Engenharia Didática – Análise prévia, Análise *a priori*, Experimentação, Análise *a posteriori* e validação – e a Teoria do Antropológico Didático (TAD).
- b) Aplicação da metodologia da proposta descrita neste capítulo: Percurso de Ensino e Pesquisa (PEP): sendo que na Análise Prévia foram abordados os conceitos epistemológicos da pesquisa; na Análise *a Priori* foram discutidas as variáveis didáticas e adidáticas do percurso; na fase da Experimentação foram traçados quatro momentos de sequência didática; e, por fim, a Análise *a Posteriori* e Validação com o objetivo de avaliar se o percurso obteve êxito na melhoria da qualidade de ensino.

Em seguida, foram levantadas três hipóteses para guiar a busca para problemática os erros conceituais dos conceitos do ensino de química:

- **Hipótese 1:** O uso de um tema interdisciplinar, como o fenômeno da Aurora no Ensino de Química, é um indicador na melhoria do processo de ensino/aprendizagem.
- **Hipótese 2:** A articulação de uma situação adidática do Ensino de Química relacionado com temas de Astronomia contribui para um melhor entendimento de objetos como modelos atômicos e interações químicas..

- **Hipótese 3:** As situações didáticas proporcionadas a partir da combinação de recursos como o livro didático quando usado de maneira crítica, da sequência didática articulando astronomia e química, e da análise praxeológica de tarefas constituem-se em práticas didáticas eficientes para aproximar para modelar o ensino de estrutura da matéria no Ensino Médio..

Na fase da experimentação, será proposto um momento didático (aulas expositivas), onde o professor ministrou aulas de conceitos teóricos, acompanhado com um momento adidático (experimento) onde os alunos levantaram suas dúvidas, perguntas e possíveis construções de conhecimentos. Este momento foi confrontado com as aulas expositivas, levando em consideração a fundamentação teoria proposta nas análises prévias.

A confrontação de dados foi realizada a partir das situações didáticas propostas nas análises *a priori* e com as análises *a posteriori*. A avaliação do dispositivo aplicado (pulseiras fluorescentes) foi realizada considerando as hipóteses propostas na pesquisa, com os conceitos realizados pelos alunos no 2º questionário. Na análise *a posteriori*, após observação dos dados, validar-se-ia ou não a eficiência do PEP. Neste momento da validação, foi respondida a questão se o percurso da ED foi eficaz no processo de melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem.

Utilizou-se como instrumentos de coleta de dados um questionário de diagnóstico inicial para avaliar o nível de aprendizado do conceito do átomo. Analisou-se os LD utilizados na unidade de ensino comparando e relatando os erros conceituais inseridos nos capítulos dos livros que trata do conceito do átomo, considerando a presença de temas interdisciplinares entre temas da Astronomia.

2.1 Aplicação da Engenharia Didática

Uma Engenharia Didática, segundo Artigue (1996, *apud* POMMER, 2013), inclui quatro fases: 1) análise prévia; 2) concepção e análise *a priori* de experiências didático-pedagógicas a serem desenvolvidas na sala de aula; 3) implementação da experiência; 4) análise *a posteriori* e validação da experiência. Entretanto, no desenvolver deste trabalho, são delineados caminhos para a reflexão que vão além desta divisão simplificada, chegando a um percurso didático com o tema gerador de conceitos do átomo.

Com relação à proposta experimental das pulseiras fluorescentes no 4º momento da experimentação, esta evidencia uma situação adidática, que sem a utilização de qualquer

atitude didática (aula expositiva) pode provocar mudanças na estratégia do aluno, cujo conhecimento a ser obtido é a própria construção do conhecimento.

2.2 Primeira Fase: Análise Prévia

A etapa da análise prévia antecipa toda a fundamentação teórica necessária para a possível resolução da problemática proposta. Para tanto, elaboramos a revisão de literatura sobre o problema da pesquisa descrito no capítulo 1, 2 e 3. Nesta fase, busca-se levantar as possíveis causas do problema a ser analisado para a escolha do caminho da resolução dele, para o tratamento da problemática.

Artigue (1998, *apud* POMMER, 2013) sugere que essa análise inclua a distinção de três dimensões: 1) dimensão epistemológica, associada às características do saber; 2) dimensão didática, associada às características do funcionamento do sistema de ensino; 3) dimensão cognitiva, associada às características do público ao qual se dirige o ensino.

2.2.1 Dificuldades no Ensino de Química

O conhecimento de química, assim como de outras áreas disciplinares se constituem como de grande relevância, pois a ausência de conhecimento para compreensão da própria realidade prática de cada indivíduo é reflexo da ausência de conhecimento científico e tecnológico.

Nessa linha de pensamento, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, (PCNEM) sugerem que o estudo deve permitir ao aluno a compreensão dos processos químicos e suas aplicações tecnológicas, levando à melhoria do meio ambiente, social e econômico. É nesse sentido que a química contribui tanto para o desenvolvimento científico-tecnológico como para a orientação das pessoas que de alguma maneira utilizam os resultados positivos deste desenvolvimento e acabam por reconhecer sua importância (UEHARA, 2005, p. 22).

Para Johnstone (1984, *apud* UEHARA, 2013), a dificuldade no estudo das ciências naturais, como Química, na relação que existe entre as capacidades e competências dos alunos, assim como a demanda da pergunta. Para o autor, os níveis reduzidos de desempenho dos alunos e a apresentação de erros conceituais, também podem ser justificados pela ausência de estratégias para a resolução de exercícios, e pelas deficiências no conhecimento conceitual, assim como pela demanda cognitiva excessiva da pergunta para uma capacidade mental dada.

Alguns estudiosos do ensino de química justificam os erros dos estudantes devido à dificuldade que alguns apresentam em percorrer pelos níveis macroscópico, microscópico e simbólico, pois os alunos do ensino médio, por exemplo, sentem dificuldade em construir modelos explicativos que apresentem coesão na transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico. (UEHARA, 2013).

Dessa forma, as entrevistas também são uma ótima forma de se identificar erros conceituais, pois um estudante pode expor sua opinião sobre algum fenômeno. Nesse caso, são utilizadas perguntas abertas ou direcionadas a algum conceito. Os desenhos também são uma forma de se identificar o nível e conhecimento dos educandos, e a existência de erros conceituais, e para tanto é necessário que o professor apresente situações que conduzam os alunos a produzirem desenhos que expliquem os fenômenos, e certamente a análise destes, possibilitará a identificação dos erros, apresentando aos professores os aspectos que mais dificultam o aprendizado a respeito de um determinado fenômeno.

De acordo com Uehara (2005), é de grande importância para o ensino de química reconhecer quais são os principais erros conceituais cometidos pelos alunos, pois estes se caracterizam como obstáculos para a aprendizagem dos fenômenos químicos, e de transformações químicas presentes na natureza, e que são de grande relevância. Assim, ao reconhecer os principais erros, é possível promover atividades que facilitem a identificação desses erros, assim como estes implicam na formação e novos conceitos.

2.2.2 Cenários do Ensino de Química na atualidade

Segundo os autores Santos & Silva (2013, p. 01), pesquisas têm mostrado que o ensino de Química geralmente vem sendo estruturado em torno de atividades que levam à memorização de informações, fórmulas e conhecimentos que limitam o aprendizado dos alunos e contribuem para a desmotivação em aprender e estudar Química.

O uso das atividades experimentais como ferramenta pedagógica continua carente no Ensino de Química. Mesmo com várias pesquisas escritas sobre essa problemática, o ensino de química ainda deixa a desejar, apesar de eles serem apontados, como assinala Gil Perez (2009), como uma forma de contribuir para uma melhor aprendizagem no ensino de Ciências. Percebe-se também que várias tentativas, com relação à melhoria da qualidade do ensino de química, baseiam-se na aplicação das atividades experimentais. Mesmo assim, observa-se que ainda há um distanciamento entre a química ensinada nas escolas e as propostas apresentadas nos trabalhos científicos.

A experimentação enquanto atividade fundamental no ensino de Ciências tem atraído a atenção de estudiosos e pesquisadores da área. Desde sua origem, o trabalho experimental nas escolas foi influenciado por aqueles desenvolvidos nas universidades, contexto este que condicionava os pesquisadores a buscarem novas ferramentas a fim de melhorar a aprendizagem do conteúdo científico. Gil Pérez (1996, p. 311) diz que “[...] As atividades experimentais ainda são apontadas como uma forma de contribuir para uma melhor aprendizagem no ensino de Ciências”.

Nesse sentido, grupos de estudiosos e pesquisadores vêm por um longo tempo refletindo e propondo a utilização da experimentação como estratégia de ensino. A prática do uso de experimentos em sala de aula, para desenvolver a compreensão de conceitos, segundo Carvalho (2009, p.23) “é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo”. Sendo assim, quando se trata de abordar a questão da prática pedagógica, relacionamos o uso das atividades experimentais como sendo uma das ferramentas que contribuem para minimizar o desinteresse e as dificuldades apresentadas pelos estudantes no aprendizado de conceitos químicos.

Sabemos que todo o professor precisa de um ambiente adequado para atuar, a realidade vivenciada nas escolas da rede pública está longe de ser o ideal em termos de experimentação e contextualização. Cabe ao professor ser criativo para aproximar o aluno da teoria com a prática. Por vezes experimentos simples feitos em sala de aula promovem o aprendizado do conteúdo ministrado.

Tomando como base os 25 anos de Sociedade Brasileira de Química (SBQ), Roseli P. Schnetzler (2002, p. 14), em seu trabalho intitulado *A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas* – a partir do qual buscou identificar o que tem sido pesquisado em ensino de química, contextualizando as investigações às tendências internacionais para apontar conquistas e perspectivas da área aqui no Brasil –, mostrou que as pesquisas em ensino de química “[...] podem evidenciar um caráter meramente prático ou instrumental às pesquisas em ensino de química ao reduzi-las a meras aplicações de teorias e modelos”.

Na tentativa de contribuirmos para o desenvolvimento das competências dos alunos, no que tange os conhecimentos de Química, será proposta uma relação interdisciplinar entre a Astronomia e conceitos de Química com vista obter um ensino significativo.

A importância das atividades experimentais para o ensino de Ciências é valorizado por Borges (2002), por considerar que se trata de um método de aprendizagem que permite a mobilização do aprendiz, no lugar da passividade.

2.2.3 O Ensino de Química e o PCN

No processo de inclusão da escola aos novos tempos de forma a possibilitar aos alunos a interação nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho, é possível encontrar nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) publicado em 2000, uma nova proposta de ensino, e esta proposta inclui o ensino de Química, isto em razão de uma realidade que de forma exaustiva vem sendo apresentada, desenhada, debatida em eventos acadêmicos pelos profissionais da educação, mídia e a sociedade como todo: um ensino descontextualizado e baseado no acúmulo de informações (BRASIL, 2000).

A proposta é a de desenvolvimento de competências para a inserção dos jovens na vida adulta: “[...] buscamos dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender [...]” (BRASIL, 2000, p. 4). O principal objetivo deste documento é o de orientar os profissionais de educação, de forma mais restrita, os professores, na busca de novas abordagens metodológicas. Neste documento destacou-se a Parte III - *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, nela se pode encontrar o indicativo de que a aprendizagem das ciências que envolvem esta área, qualitativamente, “deve contemplar formas de apropriação e construção de sistemas de pensamento mais abstratos e resignificados, que as trate como processo cumulativo de saber e de ruptura de consensos e pressupostos metodológicos” (BRASIL, 2000, p. 20).

Além disso, é preciso levar em conta que os seres humanos constroem o fazer científico estando intrinsecamente ligados aos eventos históricos, assim, entende-se que não é possível separar os sujeitos da dinâmica que envolve a sociedade, pois eles não fazem parte, eles são parte dela. Isso implica em uma visão de mundo heterogêneo, que direciona à exploração dos objetos de estudo de maneiras diversificadas de forma que haja interação com as problemáticas que os envolvem.

Essa interação conduz de volta ao contexto mais particular, a uma prática direcionada para o diálogo com outras áreas do conhecimento, levando em conta que essas áreas não se completam entre si, mas pela interação entre as ciências que passa a impressão de

conhecimento adquirido, tendo em vista que não se está de mãos vazias. Assim, a interação entre as ciências aponta para este mesmo resultado.

Existe, assim, uma proposta de ensino interdisciplinar. Na proposta de reforma curricular do Ensino Médio,

a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência (BRASIL, 2000, p. 21).

No PCNEM publicado em 2002, ao ser elaborado o programa de ensino, foi defendida a incorporação de forma explícita e integrada, conteúdos de disciplinas afins, como Astronomia e Química. No entanto foram levantadas algumas questões: como realizar o trabalho sem descaracterizar as disciplinas? como adequar esta proposta ao antigo currículo? que tipo de laboratório faz sentido? Privilegiar quais temas? No caso da Astronomia, o que tratar? “Essas e outras questões estão ainda para muitos sem resposta, indicando a necessidade de uma reflexão que revele elementos mais concretos e norteadores” (BRASIL, 2002, p. 60).

Entende-se, assim, que os professores são desafiados a buscar meios a fim de concretizar esses novos horizontes, especialmente dentro da realidade escolar, hoje existente no país. E um dos caminhos é a interação da Química com conhecimentos da Biologia, Astronomia, Física, História, Geografia, Geologia e até mesmo da Economia, Sociologia e Antropologia. Entender como o ser humano vem utilizando e se apropriando do mundo natural exige o estabelecimento de relações entre os muitos campos do saber (BRASIL, 2002, p. 94).

Apontado nos (Parâmetros Curriculares Nacionais) PCN e reafirmado nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – especificamente em seu capítulo 4: *Conhecimentos de Química* –, “a prática curricular corrente continua sendo predominantemente disciplinar com visão linear e fragmentada dos conhecimentos na estrutura das próprias disciplinas” (BRASIL, 2006, p. 102).

Na tentativa de modificar este cenário que persiste no ambiente escolar, essa proposta visa uma aprendizagem mais significativa, aqui entendida como a relação sujeito-objeto. Para isto, e já mencionado, propõe-se a inter-relação entre ciências, proposta de ensino voltada para uma comunicação integradora dos programas de estudo das disciplinas, numa perspectiva de compreensão de filiações entre conhecimentos, entendidos, aqui, tanto o saber fazer quanto os saberes expressos. Assim sendo, propõe-se que, para os conhecimentos de

Química, seu caráter dinâmico, multidimensional e histórico, sejam esclarecidos e apresentados, e para isso é necessário que não haja um modelo inflexível para que se possa conduzir à autonomia intelectual (BRASIL, 2006).

O estudo da Astronomia no ensino básico pode ser proposto como um estímulo da curiosidade e introdutor de elementos para a aprendizagem na construção do conhecimento científico. A Astronomia é uma das áreas do conhecimento que permitem não só a contextualização de conceitos de Ciências, mas também como uma abordagem interdisciplinar. Conforme apontado por Langhi (2012) compreende-se que a Astronomia é suficientemente adequada para gerar motivação aos alunos, contribuindo com o desenvolvimento intelectual, devido à alta interdisciplinaridade que existe na Astronomia.

Segundo Gama e Henrique (2010, p.11) a “ciência astronômica poderia, facilmente, mostrar-se como tema de motivação, dadas algumas características cativantes que possui”. A inserção da Astronomia consta nos PCN’s, e segundo estes documentos, pode ser articulada de maneira integrada com as disciplinas tradicionais.

No Brasil, em tempos anteriores, a Astronomia possuía uma tradição privilegiada dentre as áreas nobres do conhecimento humano, mas hoje está numa posição menos do que secundária em relação a outras muitas áreas do saber humano. Nas reformas educacionais que se seguiram, os conteúdos do Ensino de Astronomia passaram a fazer parte de disciplinas como Ciências e Geografia (Ensino Fundamental) e Física (Ensino Médio). Atualmente, pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, o Ensino de Astronomia está presente essencialmente na disciplina de Ciências, conforme indicam os PCN’s de 2002, deixando assim de ser definitivamente uma disciplina específica nos cursos de formação de professores, e em pouquíssimos casos, superficialmente trabalhada em seus conteúdos básicos em tais cursos.

Conforme resultados apontados por Langhi (2004), a formação inicial limitada no Ensino da Astronomia – e muitas vezes inexistente – dos docentes, parece levá-los a algumas situações gerais de despreparo: sensação de incapacidade e insegurança ao se trabalhar com o tema, respostas insatisfatórias para os alunos, falta de sugestões de contextualização, bibliografia e assessoria reduzida, e tempo reduzido para pesquisas adicionais a respeito de tópicos astronômicos.

Tentando superar essas dificuldades, os educadores seguem em busca das mais variadas fontes de consulta para suas aulas. Dependendo da fonte consultada ou da resposta obtida, suas concepções alternativas podem ser alteradas ou reforçadas, ou ainda novas concepções poderão ser geradas. Algumas dessas opiniões alternativas sobre fenômenos

astronômicos podem ficar firmemente arraigadas no professor desde o tempo em que este estudava enquanto aluno, persistindo até durante a sua atuação profissional (LANGHI, 2004).

Segundo Langhi (2012, p. 108) a astronomia é importante por,

participar de nossas vidas de modo intenso e inexorável: o suceder dos dias e das noites, a divisão do tempo em horas, minutos e segundos, o calendário com o ano de 365 dias, seus meses e semanas, as estações do ano, as marés, as auroras polares, e até mesmo a vida em nosso planeta – sustentada pela energia que recebemos do Sol – são exemplos de temas ligados à astronomia. Além disso, várias outras áreas do saber humano foram supridas com informações e inspirações provenientes da astronomia: a física, a química, a biologia, a história, a geografia, a navegação, a filosofia, a sociologia, a música, a poesia, a literatura e muitas outras.

A Astronomia é interessante a ponto de atrair pessoas para o conhecimento de seu conteúdo, e é comum se observar questionamentos que demonstram a curiosidade das pessoas, muitas vezes voltados ao misticismo, horóscopo, etc. Como conteúdo a ser ensinada, a astronomia também possui certo grau de potencial motivador tanto para alunos como para professores, pois há nela, intrínseca, uma universalidade e um caráter inerentemente interdisciplinar, sendo de fundamental importância para uma formação minimamente aceitável do indivíduo e cidadão, profundamente dependente da ciência e das tecnologias atuais (LANGHI, 2012).

Para o autor, ao mesmo tempo em que o seu aspecto motivacional coloca-se como uma justificativa para o Ensino da Astronomia, ele assume também um papel diferenciador. Esta ciência está profundamente enraizada na história, possui aplicações práticas para o dia a dia, contribui para a evolução de outras ciências, tais como a Física e a Química, revela um universo que promove curiosidade, admiração, imaginação, desenvolvendo o senso de exploração e descoberta, envolve os estudantes com o método científico, atraindo-os assim para se interessar em ciências. Neste sentido, a Astronomia abre um campo de opções de trabalho, do ponto de vista teórico e prático.

Esta publicação sugere os seguintes fatos, conceitos, procedimentos e atitudes a serem desenvolvidos no eixo temático Terra e Universo: observação direta, busca e organização de informações sobre a duração do dia em diferentes épocas do ano e sobre os horários de nascimento e o caso do Sol, da Lua e das estrelas ao longo do tempo, reconhecendo a natureza cíclica desses eventos e associando-os a ciclos dos seres vivos e ao calendário; busca e organização de informações sobre cometas, planetas e satélites do sistema solar e outros corpos celestes, para elaborar uma concepção de universo; estabelecimento de relação entre os diferentes períodos iluminados do dia e as estações do ano, mediante observação direta local e

interpretação de informações sobre esse fato em diferentes regiões terrestres, para compreensão do modelo heliocêntrico; valorização dos conhecimentos de povos antigos para explicar os fenômenos celestes; valorização do conhecimento historicamente acumulado, considerando o papel de novas tecnologias e o embate de ideais nos principais eventos da história da Astronomia até os dias de hoje; caracterização da constituição da Terra e das condições existentes para a presença de vida.

Os conteúdos de Astronomia aparecem nos PCN's de 2002 sob a forma de eixos e não estão divididos em conteúdo específico. Neste PCN, os conteúdos são apresentados sob a forma de “temas estruturadores”, tendo uma maior especificidade de conteúdos para o ensino de Física no Ensino Médio, sendo: i) Movimentos: variações e conservações; ii) Calor, ambiente e usos de energia; iii) Som, imagem e informação; iv) Equipamentos eletrônicos e eletromecânicos; v) Matéria e radiação; e vi) Universo, Terra e vida (BRASIL, 2002, p.68).

Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006), “a interdisciplinaridade contribui para o diálogo entre professor e escola em relação à prática docente, propiciando um estímulo à revisão de práticas pedagógicas em busca da melhoria do ensino”. Nesse sentido, apresenta um conjunto de reflexões que alimenta a prática docente do professor, buscando também um incentivo à comunidade escolar para que esta conceba a prática cotidiana como objeto de reflexão permanente (CAMPIOTO, 2015).

Ao tratar mais especificamente do ensino de química, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio “reafirma que a contextualização e a interdisciplinaridade são os eixos centrais organizadores das dinâmicas interativas nesse ensino, seja na abordagem de situações que os alunos trazem da vida cotidiana” (CAMPIOTO, 2015, p. 14).

A partir das propostas sugeridas, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM) do ano de 2016, espera-se que os professores do ensino de Química procurem novas abordagens para o tratamento conceitual e não repita a organização tradicional dos conteúdos de ensino, presente nos livros didáticos convencionais. Para que isso aconteça, os docentes devem levar em consideração os princípios da contextualização, da interdisciplinaridade e da flexibilidade na organização do trabalho escolar, a fim de superar a visão compartimentada (CAMPIOTO, 2015).

As OCNEM apontam que a interdisciplinaridade esteja inserida no Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola, no qual, professores e os diversos saberes dos alunos e das disciplinas estabeleçam relações, não como mera justaposição, mas para propiciar um conhecimento do objeto de estudo em toda sua complexidade. A escola, por outro lado, deve proporcionar tempo para encontros dos professores por área de estudo, com o objetivo de

avaliar as ações disciplinares e interdisciplinares, e projetar novas ações. Segundo o documento, sem esses encontros, “tais práticas tendem a permanecer com a fragmentação e a linearidade da organização curricular” (BRASIL, 2006, p. 133).

A interdisciplinaridade é o processo que envolve a integração e engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino. Não é uma categoria de conhecimento, mas de ação. Esta concepção depende basicamente de uma atitude, de uma mudança de conduta do sujeito em relação ao conhecimento, ficando evidente a ênfase dada ao indivíduo para que promova uma transformação no seu conhecimento.

Neste sentido, procura-se utilizar do campo do Ensino de Química com a Astronomia, enquanto Ciência de Natureza interdisciplinar com vista a contribuir para a qualidade da transposição do conhecimento para buscar uma formação cidadã que atenda às demandas da era atual.

Neste cenário serão utilizados temas ligados a esse campo de conhecimento para mediar os conteúdos das disciplinas das Ciências da Natureza como Química e Astronomia. Essa interseção entre o Ensino de Química e a Astronomia, portanto, pode ser aproveitada como um recurso didático que permeará ao acesso dos estudantes a certos conteúdos dessas disciplinas, desde que trabalhados de forma estrutural, por exemplo, através da exploração de eventos astronômicos como a Aurora.

A implantação do PCN norteia uma premissa de consolidar a qualidade de ensino a ser aplicado na escola. As propostas apresentadas busca conduzir o ensino para que os alunos absorvam o conhecimento e possam desenvolver suas capacidades cognitivas. O PCN foi constituído com o objetivo de servir como referência e elemento de reflexão para uma proposta de modificações nas práticas educativas.

O PCN define que a escola insira o aluno no mundo do trabalho através da construção do conhecimento socialmente adquiridos. A interdisciplinaridade é um das vertentes do PCN, o que o possibilita perpassar por todos os campos do conhecimento. A escola deve explorar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes fora dela, orientando criticamente na busca do conhecimento.

2.2.4 Os modelos atômicos e a Luminescência no Ensino de Química

O fenômeno da luminescência é visualmente atraente e desperta a curiosidade dos alunos. Trata-se da emissão de luz resultante de um processo de excitação eletrônica. Neste Capítulo propomos como estratégia de ensino uma discussão do fenômeno da luminescência associando-o aos modelos de estrutura do átomo.

2.2.4.1 Os modelos da estrutura da Matéria

A teoria atômica da matéria é mais uma notável invenção grega. A ideia de que a matéria é constituída por átomos, por corpúsculos indivisíveis, foi estabelecida por Leucipo de Mileto (460-370 a.C.) e desenvolvida por Demócrito de Abdera (470-380 a.C.).

Demócrito, Século IV a. C., defendia que toda a matéria se subdividia em átomos indestrutíveis, e que diferentes tipos de átomos diferem em forma, tamanho e massa. Além disso, Demócrito propôs chamar de átomo a partícula fundamental de Leucipo, originária do grego que significa não divisível. Segundo Silva (2013, p. 44), “a ideia de o átomo ser partícula indivisível da matéria, permaneceu até o início do século XIX, com o surgimento do chamado ‘atomismo científico’”.

Ao longo dos séculos XIX e XX, grandes cientistas “desenharam” outros modelos da matéria, porém, nenhum deles viu o átomo. Os modelos explicavam alguns resultados experimentais e possibilitavam a realização de previsões. À medida que algo novo era descoberto, “desenhava-se” um novo modelo, com mais detalhes, portanto, mais complexo.

Um conjunto de afirmações feitas por Dalton contribuiu para a formulação da chamada “teoria atômica de Dalton”, baseada nos seguintes postulados: Os elementos químicos consistem de discretas partículas de matéria: os átomos, que não podem ser subdivididos por qualquer processo químico conhecido e preservam as suas individualidades nas reações químicas.

Para Silva (2013), “com os trabalhos realizados por Dalton, a Química passou a ter uma estruturação lógica e racional, sem o tratamento místico da antiga Alquimia”. Iniciava-se então, uma nova era na Ciência. Enquanto alguns cientistas procuravam demonstrar que a matéria seria formada por átomos, outros pesquisavam e apresentavam evidências de que o átomo era formado por partículas menores.

Em 1803, Dalton nomeou o seu modelo atômico de bola de bilhar Figura 4 e, por isso, passou a representar os átomos dos elementos conhecidos em sua época por meio de símbolos esféricos. Dentre seus princípios descreveu que os átomos de elementos diferentes possuem propriedades diferentes entre si, o átomo é a menor porção da matéria, e são esferas maciças e

indivisíveis e que a massa total de um composto é igual à soma das massas dos átomos dos elementos que constituem. A limitação do modelo de Dalton estava na imposição da regra da máxima simplicidade e de não contemplar a natureza elétrica da matéria. (NIESENBAUM 2007)

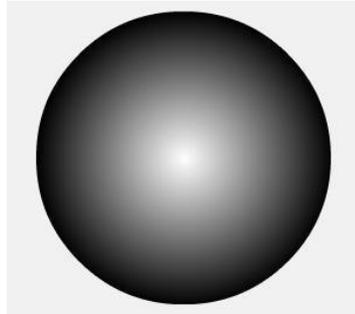


Figura 4 - Representação do modelo atômico de Dalton.

Fonte: FONSECA (2014).

Desenvolvendo experimentos com os raios catódicos, Thomson demonstra que o desvio apresentado por esses raios tem uma direção que confere a eles uma carga negativa. Assim, os raios catódicos são defletidos tanto por forças elétricas como por forças magnéticas, do mesmo modo que partículas eletrificadas negativamente o seriam. Thomson em 1904, chega a um modelo que tenta explicar o que seriam os raios catódicos: em um campo elétrico intenso, as moléculas do gás se decompõem não em átomos da substância, mas em átomos primordiais, chamados de corpúsculos por Thomson. Esses corpúsculos com carga negativa sofrem a ação do campo elétrico intenso e se deslocam do anodo para o catodo. Posteriormente, os corpúsculos receberam o nome de elétrons.

As investigações realizadas por vários cientistas contribuíram para que Thomson, formulasse um novo modelo para a estrutura do átomo, admitindo sua divisibilidade e o elétron como partícula fundamental de sua composição. Segundo Silva (2013), o modelo teórico proposto por Thomson ficou conhecido como “*plum-pudding*” (pudim de passas), pois, “o átomo seria formado por uma massa uniforme carregada positivamente, suplementada por cargas esparsas carregadas negativamente. Os elétrons seriam atraídos ao centro da distribuição de cargas positivas e repelidos entre si pela lei de “Coulomb” (ABDALLA, 2006, p. 35).

Dessa forma, o modelo atômico proposto por Thomson chega à comunidade científica, substituindo o modelo de Dalton, conforme Figura 5:



Figura 5 - Representações do modelo atômico de Thomson
Fonte: FURTADO, 2007

Rutherford em 1911, para explicar o resultado das colisões das partículas α , idealizou modelo para o átomo, segundo o qual esse modelo seria um sistema planetário, em escala menor do sistema que conhecemos, tendo um campo de força central carregado positivamente. Já os elétrons girariam ao redor do núcleo em órbitas circulares. Estabelecia-se assim a noção de núcleo atômico, que concentraria segundo Rutherford, praticamente toda a massa do átomo, ficando os elétrons orbitando ao seu redor.

Rutherford criou um problema ao admitir o movimento de rotação dos elétrons em torno do núcleo. Do ponto de vista da física clássica, toda a partícula elétrica em movimento circular, como os elétrons, ao serem submetidas a uma força de atração coulombiana do núcleo positivo, está constantemente emitindo energia. Se o elétron segue perdendo energia, sua velocidade de rotação ao redor do núcleo teria de diminuir com o tempo. Desse modo, o elétron acabaria indo de encontro ao núcleo, descrevendo um movimento em espiral (FIGUEIREDO, 2008). Tal fato não é observado, pois o átomo, como se sabe, é uma estrutura estável onde o elétron não colide com o núcleo.

As falhas deixadas pelo modelo de Rutherford foram preenchidas pelo surgimento de novos modelos atômicos. De certo modo, a evolução dos modelos atômicos para explicar a estrutura da matéria ocorreu de diferentes formas, vários postulados foram criados, esses vigoraram até certo tempo, pois acabavam sendo propostos por outros modelos, geralmente baseados em métodos experimentais, que mais tarde seriam aceitos pela comunidade científica. Sabe-se que toda teoria tem seu período de desenvolvimento gradativo, após o qual poderá sofrer declínio. Assim segundo Kuhn (2006), de um modo geral, os avanços científicos se originam da crise de teorias passadas, devido à tentativa de encontrar uma saída para dificuldades criadas e problemas já identificados. O modelo de Rutherford pode ser visto na Figura 6:

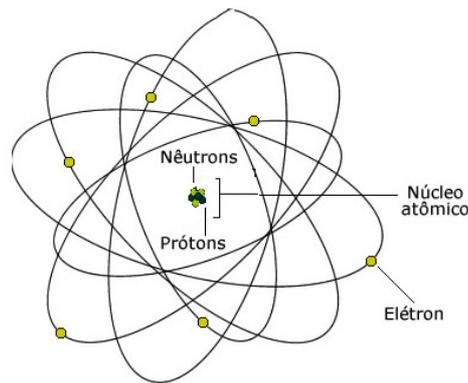


Figura 6 - Representação do modelo atômico de Rutherford.
Fonte: FURTADO (2007)

Dois anos após o enunciado do modelo atômico proposto por Rutherford, o físico dinamarquês Niels Bohr tentou resolver os problemas que o modelo planetário de Rutherford vinha apresentando, referentes à estabilidade dos elétrons em torno do átomo. No ano de 1913, convencido de que a mecânica quântica auxiliaria na interpretação dos problemas apresentados pelo modelo atômico proposto por Rutherford, Bohr imaginou uma variação para este modelo.

O modelo atômico de Bohr sugeria que a soma das cargas do núcleo carregado positivamente no centro e de um elétron, carregado negativamente, orbitando em torno, como descrito por Rutherford, tinha um valor igual a zero, sendo o átomo eletricamente neutro. Além disso, o núcleo do átomo de Bohr era menor que o descrito por Rutherford. Essas observações levaram o físico dinamarquês a estabelecer um novo modelo para o átomo, conforme Figura 7.

Bohr descreveu seu novo modelo de átomo baseado em quatro postulados e que começou admitindo que “um gás emite luz quando uma corrente elétrica passa através deste, devido aos elétrons em seus átomos primeiro absorverem energia da eletricidade e posteriormente liberarem aquela energia na forma de luz” (RUSSEL, 1994, *apud* Silva 2013, p. 52). Bohr em seu primeiro enunciado sugeriu que um elétron em um átomo se move em uma órbita circular ao redor do núcleo com influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, enquanto permanecer na mesma órbita não emite energia. Essas órbitas correspondem aos estados estacionários.

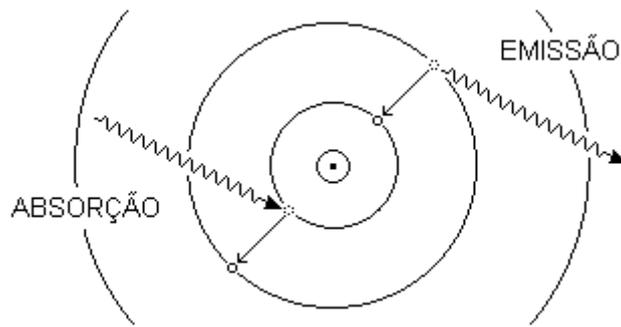


Figura 7 - Representação do modelo de átomo proposto por Bohr.
Fonte: FURTADO (2007)

Segundo Silva (2013, p. 52), “o segundo postulado introduz a noção de quantização e se baseava na ideia de que um elétron pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital (L) for um múltiplo inteiro de \hbar (constante de Planck dividida por 2π)”. O problema da estabilidade de um elétron se movendo em uma órbita circular, devido à emissão de radiação eletromagnética pelo elétron, apresentado pelo modelo atômico de Rutherford foi resolvido pelo terceiro postulado. Para explicar esse problema, Bohr enunciou que apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis, não emite radiação eletromagnética, portanto, sua energia total (E) permanece constante.

O último postulado de Bohr descreve que um átomo normalmente se encontra em seu estado fundamental, ou seja, “no estado no qual todos seus elétrons estão nos níveis de energia mais baixos que lhes são disponíveis. Quando um átomo absorve energia de uma chama ou descarga elétrica, alguns de seus elétrons ganham energia e são elevados a um nível de energia maior, ou seja, em um estado excitado” (RUSSEL, 1994, p. 233).

De uma maneira básica, podemos admitir que para os elétrons saltarem para um nível mais alto, ocorre a absorção de energia em quantidade suficiente para promover esse salto. Ao retornarem ao seu estado fundamental, liberam a energia absorvida, durante o processo na forma de fótons. Tal fato pode ser observado na Figura 8 e representado pela equação matemática $(E_2)_{\text{elétron}} - (E_1)_{\text{elétron}} = h \cdot \nu$.

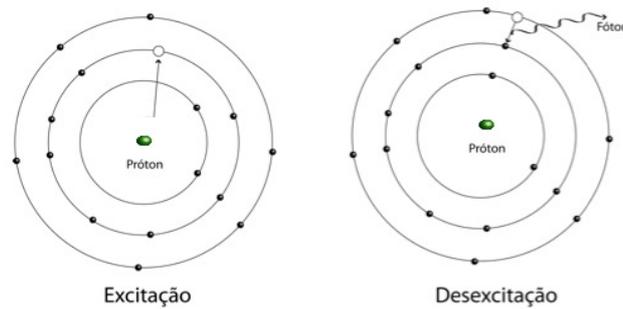


Figura 8 - Representação da emissão do fóton.

Fonte: Do Autor, adaptado de FONSECA (2014).

Os postulados propostos por Bohr para explicar seu novo modelo para o átomo, envolvem conhecimentos no qual o elétron se movimentaria em uma órbita que explicaria a compreensão da estrutura atômica. Todos esses fatores colaboraram para que a Ciência avançasse rumo a novos estudos em busca da explicação mais coerente para o entendimento do átomo.

Conforme Mahan (1995), os termos velocidade e posição são utilizados para descrever o comportamento de partículas macroscópicas. Haveria alguma restrição em utilizá-los no caso dos elétrons? Cálculos baseados no modelo atômico de Bohr exigiam informações mais precisas sobre a posição e a velocidade de um elétron.

Em 1927, o físico Werner Heisenberg enunciou o “princípio da incerteza”, o qual limita a capacidade de reconhecermos os movimentos de uma partícula tão pequena como o elétron. O princípio da incerteza indica que é difícil medir e conhecer ao mesmo tempo o momento (conjunto massa – tempo – velocidade) e a posição do elétron com algum grau de certeza.

Qualquer instrumento utilizado na tentativa de medir a velocidade e determinar a posição de um elétron influenciaria na observação deste. Segundo Russel (1994), o princípio da incerteza pode ser interpretado da seguinte forma:

“[...] quanto mais perto tentarmos olhar uma partícula diminuta, tanto mais difusa se torna a visão da mesma. Para um elétron, somos forçados a concluir que qualquer retrato físico ou qualquer modelo mental da estrutura do átomo não deverá simultaneamente localizar o elétron e descrever o seu movimento”. (RUSSEL, 1994, p. 159).

O conceito de átomo proposto por Bohr, no qual, um elétron percorreria uma órbita bem definida e sua posição e velocidade poderia ser calculada com exatidão, era substituído

pela probabilidade de encontrar um elétron em uma determinada região. Essa ideia já carecia de uma relação com o modelo de partícula-onda na sua explicação.

Em 1916, Arnold Sommerfeld calculou o tamanho, a forma das possíveis órbitas elípticas e a energia total de um elétron se movendo em uma dessas órbitas, pelo uso das fórmulas (WHITE, 1996). Sommerfeld interpretou espectros com múltiplas linhas justapostas e segundo ele, as camadas enunciadas por Bohr (K, L, M, N...) eram constituídas por subcamadas, de órbitas elípticas e de diferentes momentos angulares, conforme exhibe a Figura 9 a seguir.

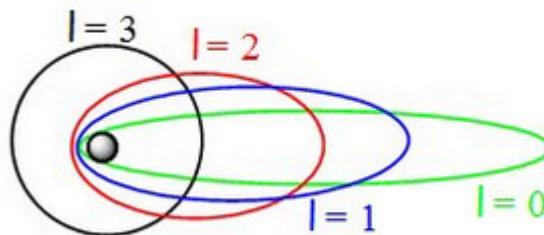


Figura 9 - Órbitas elípticas do modelo atômico de Sommerfeld.

(LEE, 1996)

As órbitas elípticas de Sommerfeld indicaram um segundo número quântico, denominado número quântico secundário (l). Este número quântico secundário, definido pela equação $l = n - 1$ descreveria as subcamadas de energia e por consequência, seu momento angular. Para a camada M ($n=3$) teremos para o valor do número quântico secundário $l = 2$. Conforme se observa na Figura 9, teremos para a camada M três órbitas possíveis (0, 1 e 2), sendo a órbita de maior valor a mais arredondada e onde o elétron possuirá o maior nível de energia.

A proposta de Sommerfeld conseguiu, através da instituição do segundo número quântico, explicar como os espectros de emissão apresentavam o fenômeno de linhas múltiplas nas raias espectrais. Segundo este modelo, as múltiplas linhas seriam os subníveis de energia que compõem o nível ou camada de energia e estes subníveis foram caracterizados como “s”, “p”, “d” e “f”, derivados de conceitos relativos à espectroscopia.

O modelo atualmente aceito para representar o átomo chama-se modelo da nuvem eletrônica ou modelo quântico proposto por Heisenberg e Schrodinger. Este modelo indica-nos que o átomo é formado por uma pequena região central, chamada núcleo, onde existem dois tipos de partículas: os prótons e os nêutrons como se observa na Figura 10. Em volta do núcleo existe uma região muito maior que se chama de nuvem eletrônica, e é nela que se encontram o elétron.

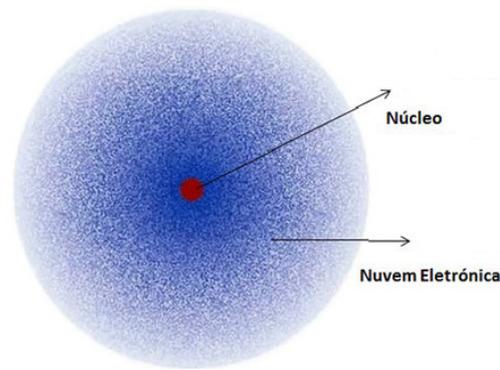


Figura 10 - Modelo de nuvem eletrônica para o átomo de hidrogênio.
(LEE, 1996)

Apesar de os átomos serem partículas neutras (não apresentam carga elétrica), no seu interior existem partículas com carga elétrica. Assim, o núcleo tem carga elétrica positiva, porque os prótons apresentam carga elétrica positiva. Os nêutrons, como o seu nome indica são neutros (não têm carga elétrica). A nuvem eletrônica, por sua vez apresenta carga elétrica negativa, pois os elétrons também têm carga elétrica negativa. O átomo é constituído por um núcleo, onde se encontram os prótons e os nêutrons. À sua volta existe a nuvem eletrônica, zona do átomo onde se encontram os elétrons. A nuvem eletrônica é uma forma de representar a zona do átomo à volta do núcleo, onde se encontram os elétrons.

Não existem órbitas definidas para os elétrons, mas sim orbitais zonas mais densas que correspondem a uma maior probabilidade de encontrar o elétron. Os elétrons movem-se a grande velocidade, no espaço à volta do núcleo, não sendo possível localizá-los. O átomo é neutro, pois o número de elétrons e de prótons é igual. O volume do átomo é determinado pela nuvem eletrônica, uma vez que o núcleo possui dimensões muito menores do que a nuvem eletrônica. Em suma, as propostas para a estrutura da matéria são aqui resumidas no esquema apresentado na Figura 11.

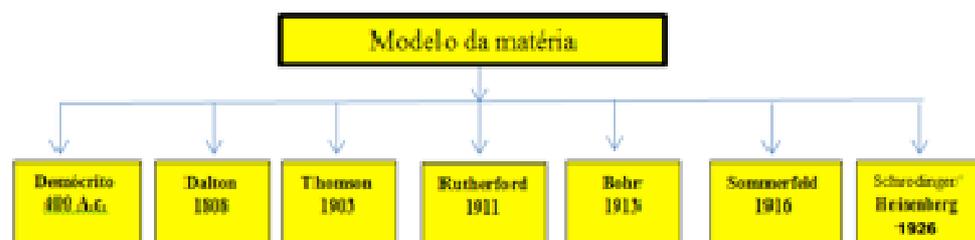


Figura 11 – Esquema da proposta para a estrutura da matéria.

2.2.4.2 Radiação Eletromagnética como Base para Emissão e Radiação de Energia

Alguns processos de transição eletrônica descritos dos modelos atômicos mencionados na Seção 2.1, trazem conceitos de radiação eletromagnética na região do visível; tendo em vista este processo, será feita uma breve apresentação sobre este tema que atua tanto no Ensino de Química e Física, quanto na Astronomia. A radiação eletromagnética é uma oscilação, em fase, dos campos elétricos e magnéticos, que são perpendiculares entre si e podem ser entendidos como uma propagação de uma onda transversal, conforme Figura 12. Neste conceito ocorrem os mais importantes fenômenos de interação com a matéria. Porém, segundo a Teoria Quântica, a radiação eletromagnética pode também ser caracterizada pelo seu caráter corpuscular, sendo constituída de partículas chamadas de fótons. Ainda segundo essa teoria, os fótons transportam uma quantidade de energia proporcional a sua frequência.

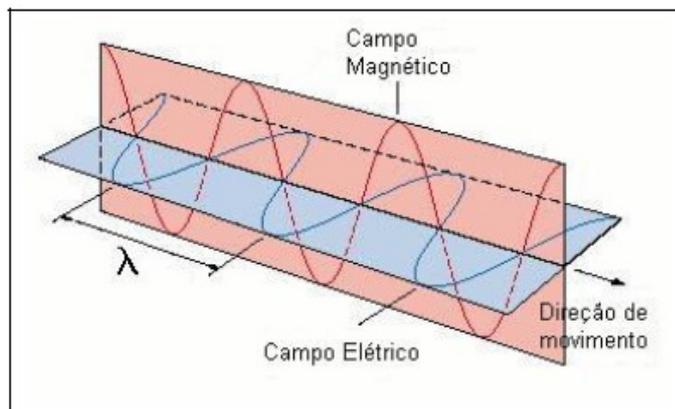


Figura 12 - Flutuação do campo elétrico e magnético
Fonte: GREGORIO–HETEN; JATENCO-PEREIRA (2015)

A energia transportada pelas ondas eletromagnéticas, emitida por qualquer corpo que possua temperatura acima de 0° K (zero Kelvin), pode ser considerada como emissor de fótons. O Sol é a principal fonte natural de energia EM na superfície da Terra. A radiação EM não precisa de um meio material para se propagar. Além disso, o fóton move-se aproximadamente uma velocidade de 300.000 km/s no vácuo. Sendo a velocidade do fóton diretamente proporcional à velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas e diretamente proporcional a sua frequência e comprimento de onda, que pode ser expressa por:

$$v = \lambda \cdot f$$

v: velocidade da luz no vácuo (m/s), f: frequência (ciclos/s ou Hz), λ: comprimento onda (m).

O espectro eletromagnético apresenta diferentes denominações, a depender da região de frequência. No caso da região do visível, as cores estão distribuídas de acordo com a Figura 13. As faixas mais comumente exploradas são: visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e micro-ondas.

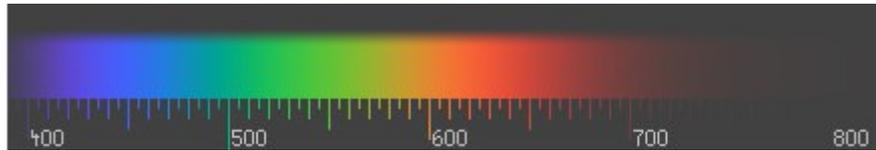


Figura 13 - Espectro eletromagnético na região do visível

Fonte: CAVALHEIRO, 2017

De acordo com Foley (1990), um espaço de cores é um sistema tridimensional de coordenadas, no qual cada eixo refere-se a uma cor primária. A quantidade de cor primária para reproduzir uma determinada cor é atribuída a um valor sobre o eixo correspondente.

O primeiro cientista a provar que a sensação de luz branca era o resultado da presença simultânea de “luzes” de vários matizes foi Isaac Newton, baseado em um experimento simples que consistiu em fazer incidir um feixe de luz branca sobre um prisma. A luz projetada do prisma num anteparo branco resultou numa sucessão de diferentes matizes semelhantes às observadas em um arco-íris.

O fato de o prisma promover a decomposição da luz branca, comprova a natureza ondulatória da radiação, visto que esta se deve à variação do índice de refração do prisma nos diferentes comprimentos de onda. Cada cor decomposta está, dessa forma, associado a uma determinada frequência de radiação ou comprimento de onda.

2.2.4.3 O que é Luminescência?

A luminescência é uma emissão de luz por uma espécie química quando estimulada por algum agente como a luz, reação química ou radiação ionizante. Os fenômenos de fluorescência e fosforescência são tipos de luminescência, classificadas como fotoluminescência, nas quais a energia de excitação dos elétrons provém da radiação absorvida, geralmente em forma de luz ou através de choque de partículas subatômicas. Tendo em vista a concepção de um modelo atômico da matéria formada por um núcleo e uma nuvem de elétrons ao seu redor, alguns fenômenos aparecem atrelados ao processo de transição eletrônica nos átomos, com posterior emissão de luz, os quais passarão a ser tratados.

Silva (2000) associa o termo da fluorescência com a invenção de Stokes em 1852, derivado da palavra fluoride, “Stokes foi o primeiro a estabelecer claramente que a fluorescência era um processo de emissão, e propôs o princípio que hoje conhecemos como “Lei de Stokes” que estabelece que o comprimento de onda de uma emissão fluorescente é sempre maior que o da excitação”.

A Fotoluminescência é a emissão de luz a partir de qualquer forma de matéria, após a absorção de fótons proveniente da radiação eletromagnética. É uma das muitas formas de emissão de luminescência (a emissão de luz) e é iniciada pela fotoexcitação (excitação por fótons). Como exemplo, cito a fotoluminescência que ocorre em Astronomia nos fenômenos das Auroras.

2.2.4.4 O que é Fluorescência?

Na fluorescência, a emissão da radiação é imediata e são de origem de raios catódicos, Raio X ou ultravioleta. Quando se fornece energia ao elétron, ele absorve essa energia e passa para o estado excitado e, imediatamente, retorna ao estado fundamental, emitindo radiação eletromagnética (luz) de energia correspondente à transição eletrônica. Enquanto que na fluorescência, a emissão cessa assim que a irradiação externa é interrompida, na fosforescência, o elétron primeiramente passa do estado excitado para um intermediário e, só depois, para o fundamental. Esse estado intermediário possui tempo de vida longo e, portanto, a emissão prossegue mesmo após a remoção da fonte externa de luz. Assim, a fluorescência é uma fotoluminescência que cessa no mesmo instante que a ação das radiações excitadoras; a fosforescência é uma fotoluminescência que se prolonga após esta ação ter cessado de se produzir (NERY, 2004).

Na região orbital, o elétron possui uma determinada energia, e para o elétron passar para uma orbita mais energética, ele tem que receber uma quantidade de energia. Quando isso acontece, o elétron é promovido de seu estado fundamental, na camada mais interna da eletrosfera, para um estado mais energético, em uma camada mais externa. Entretanto, o estado excitado é transitório e de pouca duração. Num período curto os elétrons voltam do estado excitado para o estado fundamental. Nesse salto quântico, eles emitem a energia associada a um fóton – energia na forma radiante.

A energia eletromagnética é constituída por fóton dos quais só conseguimos perceber os pacotes cujo comprimento de onda situa-se na faixa de 400 a 700 nm. O intervalo que ocorre entre a excitação de elétrons e a emissão de fótons pode ser muito curto, da ordem de

alguns microssegundos, (NERY, 2004). O Diagrama de Jablonski apresentado na Figura 14, mostra esquematicamente como acontecem os processos de luminescência em termos dos níveis de energia atômicos.

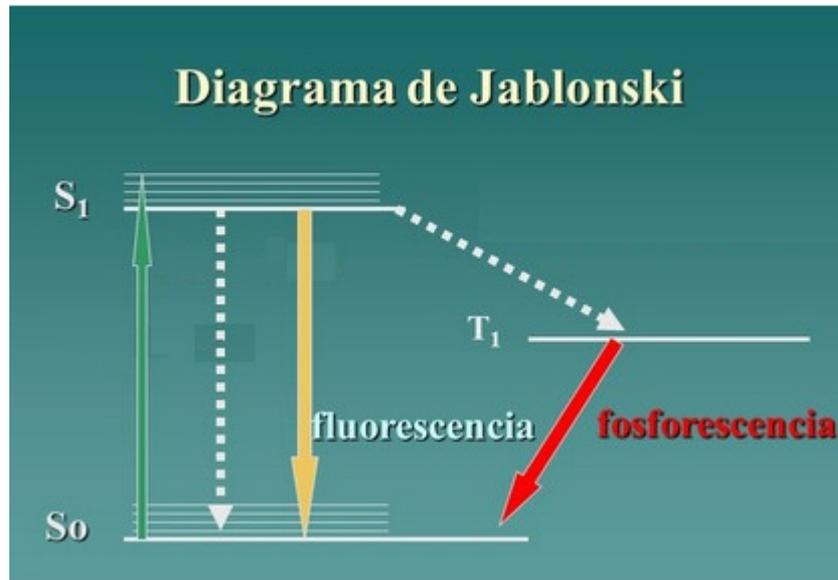


Figura 14: Diagrama de Jablonski

Para ilustrar o fenômeno da fluorescência, será utilizado a atmosfera terrestre que contém predominantemente os gases de nitrogênio e de oxigênio. Os gases restantes são muitas vezes referidos como gases traços, entre os quais estão incluídos os gases denominados de gases estufa, estes são os responsáveis pelo aquecimento do planeta Terra.

Na mesosfera a absorção de radiação solar é muito fraca. Na termosfera, onde a temperatura é inicialmente isotérmica e depois cresce rapidamente com a altitude, podendo atingir-se os 2000°C, devido à absorção das radiações de energia superior a $9,9 \times 10^{-19}$ J por átomos de oxigênio e nitrogênio, verifica-se, novamente, a conjugação dos efeitos térmico e químico das radiações (PILLING, 2012, p.14).

Tanto as moléculas de nitrogênio quanto o oxigênio, absorvem parte da energia e em seguida, libera sob a forma de luz. As cores e a intensidade da luz formam as chamadas Auroras.

O efeito físico-químico da radiação solar manifesta-se na quebra de ligações químicas nas moléculas e na ionização de átomos ou moléculas. As reações químicas desencadeadas pela ação da radiação solar designam-se por reações fotoquímicas ou fotólises, ou seja, são reações que levam à ruptura de ligações que são dissociações de moléculas, e ocorrem na

parte superior da troposfera e na estratosfera, das quais resultam os radicais livres, conforme exemplos abaixo:



Cada molécula para se dissociar, necessita de um valor mínimo de energia, designada por energia de dissociação. Na radiação solar o excesso de energia, converte as moléculas em energia cinética das partículas formadas e esse aumento de energia cinética traduz-se num aumento de temperatura dessas partículas.

a) Molécula de Nitrogênio (N₂) $\text{N}_2 \text{ ----} \gg \text{N}^* + \text{N}^*$ Energia de Dissociação 10,0 eV

b) Molécula de Oxigênio (O₂) $\text{O}_2 \text{ ----} \gg \text{O}^* + \text{O}^*$ Energia de Dissociação 5,18 eV

(PILLING, 2012, p.14).

Se houver uma ionização, a energia da radiação solar absorvida pelas partículas é utilizada para a remoção de um elétron, ficando cada partícula com carga +1. Se esta radiação tiver energia igual ou superior à energia mínima de remoção, a radiação solar consegue retirar um elétron à partícula, ionizando-a. Essa energia mínima de remoção designa-se por energia de 1ª ionização (E₁) conforme exemplos “a” e “b” a seguir:

a) Energia de Ionização do N₂ = 15,6 eV

b) Energia de Ionização do O₂ = 11,8 eV

As radiações absorvidas na parte superior da troposfera e na estratosfera são radiações UV. Os gases que absorvem estas radiações são, principalmente, o oxigênio e o nitrogênio. Estas radiações absorvidas possuem energia suficiente para dissociar as moléculas dos gases aí existentes, mas não para ionizá-las. Formam-se assim, preferencialmente, radicais livres.

Na mesosfera superior e na termosfera, as radiações absorvidas possuem energia superior, o que provoca ionização. Concluiremos que as energias de ionização são superiores às de dissociação, o que implica que os processos de ionização ocorram aqui.

A atmosfera consiste principalmente em nitrogênio e oxigênio, que emitem as cores características de seus respectivos espectros de linha. O oxigênio atômico é responsável pelas duas cores principais: do verde (comprimento de onda de 557,7 nm) e vermelho (630,0 nm). O nitrogênio causa tons azuis e vermelho profundo, conforme Figura 15:

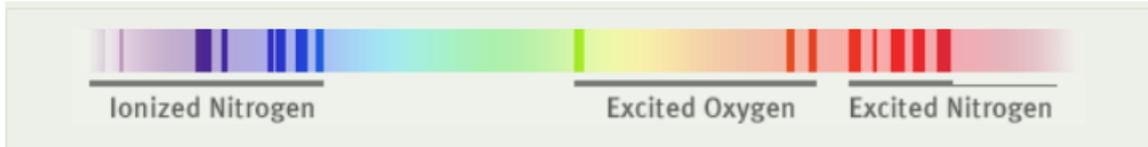


Figura 15 - Espectro de cores emitido por Oxigênio e Nitrogênio. Fonte: **WebExhibits**

2.2.4.5 O que é quimiluminescência?

A quimiluminescência é um fenômeno de emissão de luz que será utilizado na experimentação prática descrita no capítulo V, na prática experimental do corante fluoresceína. O primeiro composto orgânico com quimiluminescente foi registrado em 1887 por Bronislau Radziszewski, apresentando a reação da lofina, junto ao oxigênio na presença de bases fortes, cuja reação quimiluminescente se deu através da emissão de luz amarela. A quimiluminescência trata-se justamente da emissão de luz que ocorre quando a reação química resulta em energia necessária para a excitação dos elétrons do sistema, tendo como principais exemplos o luminol, que costuma facilitar o processo de investigação de crimes em que há vestígios de sangue, assim como pulseiras *lighsticks* e atratores para pesca noturna, cujos *lighsticks* são acoplados em anzóis para facilitar a pesca (SILVA, 2013).

A reação quimiluminescente se dá em decorrência da reação química, essa leva à produção de uma substância no estado excitado, que gera emissão de luz e ao declinar para o estado eletrônico fundamental, que é menor nível do estado de energia. Essas reações quimiluminescente, de um modo geral, tratam-se da geração de um intermediário de alta energia que pode ocorrer em uma ou diversas etapas direcionando para um produto eletronicamente excitado e para a liberação da energia de excitação através de emissão de luz (STEVANI; BAADER, 1999).

A luz gerada nessa reação pode resultar da transição eletrônica entre estados eletrônicos excitados de mesma multiplicidade, processo conhecido como fluorescência, ou pelo processo de fosforescência, que ocorre entre estados eletrônicos de multiplicidades diferentes. Podemos entender melhor esse processo pela análise da reação que ocorre nas pulseiras *lightsticks*. Essas pulseiras distribuídas em festas, também conhecidas como pulseiras neon, foram criadas há aproximadamente vinte anos. (SILVA, 2013, p. 80).

No Brasil, as pulseiras *lighsticks* são denominadas de pulseiras fluorescentes, de forma errônea, porém o que gera a emissão de luz nessas pulseiras não é o gás neônio, mas sim uma

reação química entre seus componentes. As *lightsticks*, de um modo geral, são constituídas através de um bastão plástico que contém uma ampola de vidro no seu interior, quando a pulseira é dobrada para colocar no pulso, por exemplo, as soluções são misturadas e estas começam a oxidar, gerando emissão de luz através da quimiluminescência (RIBEIRO, 2010). Esse processo é possível ser observado na Figura 16:

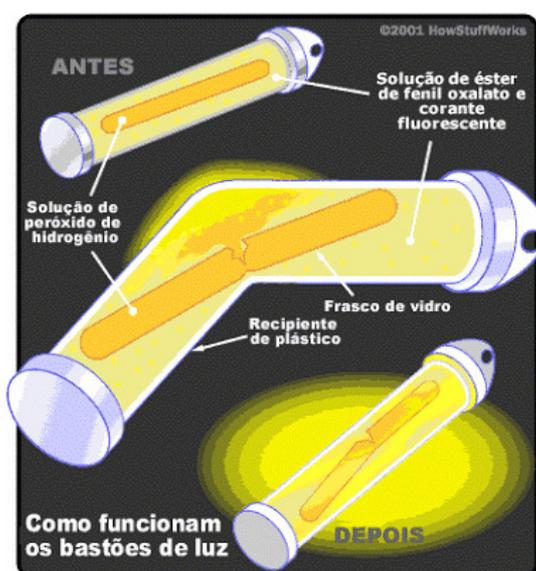


Figura 16 – Processo de quimiluminescência em *lightsticks*

Fonte: QUIMICOESTUDANTE, 2013.

Esse processo de quimiluminescência é utilizado ainda em equipamentos de pesca, sendo atrativos luminosos para pescas noturnas, que acoplados a anzóis facilitam a pesca nessas condições, e infelizmente, acontece de esses sinalizadores sendo soltos dos anzóis, abrirem e extravasar o líquido contido nas ampolas (RIBEIRO, 2010). A Figura 17 apresenta alguns *lightsticks* utilizados na pesca.



Figura 17 – Processo de quimiluminescência em *lightsticks*

Fonte: QUIMICOESTUDANTE, 2013.

O processo de quimiluminescência tem a capacidade de emitir luz por até 48 horas. Os compostos no interior da ampola são o éster oxalato (derivados de triclorosalicilato) e peróxido de hidrogênio, processo catalisado por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos fluorescentes (9,10- difenilantraceno, perileno, rubreno), reação que ocorre em um solvente muito viscoso (geralmente di-n-butilftalato). No interior do bastão, o peróxido de hidrogênio e o salicilato de sódio, que tem a função de catalisador da reação, e o solvente dibutilftalato. E no interior da ampola de vidro, estão o corante fluorescente e o éster de fenil oxalato. No processo de mistura, o peróxido de hidrogênio oxida o éster de fenil oxalato para formar fenol e um dímero de CO₂ de alta energia, também conhecido como 1,2-dioxetanodiona. Então, o dímero de CO₂ que é altamente instável, se decompõe em duas moléculas de CO₂, os corantes usados na produção de *lightsticks* que geralmente variam entre vermelho, azul, amarelo, verde, laranja, rosa, entre outras cores (SILVA, 2013).

2.2.5 Auroras no Sistema Solar

Nessa sessão, será discutido, com base nas discussões estudadas anteriormente, como os modelos da matéria e o fenômeno da fluorescência, estão correlacionados com a formação da Aurora e como poderá contribuir para o Ensino de Química e Astronomia.

2.2.5.1 O que é Aurora?

Aurora é um fenômeno óptico composto de um brilho observado nos céus noturnos e está associado a impactos de partículas provenientes do vento solar, associado à influência dos raios ultravioletas provenientes do Sol. Fatores como magnetosfera, gravidade, presença de atmosfera, efeito dínamo, contribuem para a formação da Aurora.

As Auroras Boreais e Austrais, ou também chamadas de Auroras Polares não ocorrem apenas no planeta Terra, pois, acontecem em outros planetas como Urano, Vênus, Netuno, Marte, Saturno e Júpiter (ECHER, 2010).

2.2.5.2 Aurora Boreal e Austral, Vento Solar e Magnetismo Terrestre.

Geralmente a tonalidade da Aurora é esverdeada, tendo em vista a emissão energética de átomos de oxigênio em altas camadas atmosféricas. Entretanto, se os ventos solares forem

demasiadamente fortes a atingirem camadas mais baixas da atmosfera, a Aurora terá uma coloração avermelhada. Além disso, os raios luminosos são paralelos e alinhados com o campo magnético terrestre. As auroras geralmente são confinadas em regiões de formato oval, próximas aos polos magnéticos.

Quando a atividade do efeito está calma, a região possui um tamanho médio de 3.000 km, podendo aumentar para 4.000 ou 5.000 km quando os ventos solares são mais intensos. A fonte de energia da aurora é obtida pelos ventos solares fluindo pela Terra. Como os polos magnético e geográfico do nosso planeta não estão alinhados, da mesma forma as regiões aurorais não estão alinhadas com o polo geográfico. Os melhores pontos (chamados pontos de auge) para a observação de Auroras encontram-se no Canadá para Auroras Boreais e na ilha da Tasmânia ou sul da Nova Zelândia para Auroras Austrais.



Figura 18 - Foto da Aurora Polar
Fonte: FARIA 2017

A Aurora polar, representada pela Figura 18, é um fenômeno óptico composto de um brilho observado nos céus noturnos nas regiões polares, em decorrência do impacto de partículas de vento solar com os gases presentes na alta atmosfera da Terra, canalizadas pelo campo magnético terrestre. Em latitudes do hemisfério norte é conhecido como aurora boreal (nome batizado por Galileu Galilei em 1619, em referência à deusa romana do amanhecer, Aurora e Bóreas, deus grego, representante dos ventos nortes). Ocorre normalmente nas épocas de setembro a outubro e de março a abril. Em latitudes do hemisfério sul é conhecido como aurora austral, nome batizado por James Cook, uma referência direta ao fato de estar ao Sul.

De modo geral, o efeito luminoso é dominado pela emissão de átomos de oxigênio em altas camadas atmosféricas (em torno de 200 km de altitude), o que produz a tonalidade verde. Quando a tempestade é forte, camadas mais baixas da atmosfera são atingidas pelo vento solar

(em torno de 100 km de altitude), produzindo a tonalidade vermelha escura pela emissão de átomos de nitrogênio (predominante) e oxigênio. Átomos de oxigênio emitem tonalidades de cores bastante variadas, mas as predominantes são o vermelho e o verde.

O vento solar é a emissão contínua de partículas carregadas provenientes da coroa solar. Essas partículas podem ser elétrons e prótons, além de subpartículas como os neutrinos. A1921 representa o esquema de um vento solar:

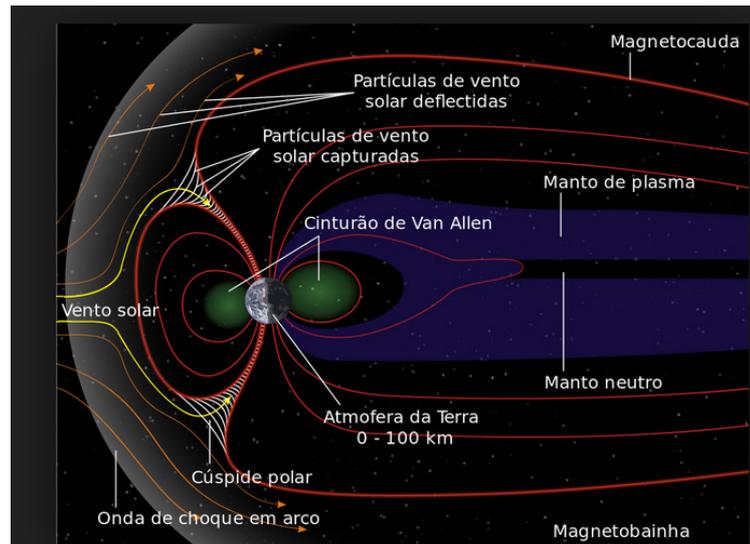


Figura 19 - Esquema do Vento Solar

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Vento_solar

Próximo da Terra, a velocidade das partículas pode variar entre 400 e 800 km/s, com densidades próximas de 10 partículas por centímetro cúbico. Variações na coroa solar, devido à rotação do Sol e às suas atividades magnéticas, torna o vento solar variável e instável, exercendo influência nos gases ao redor da estrela e planetas próximos a esta.

Devido ao vento solar, a Terra é constantemente bombardeada por partículas (Marques, 2010). Um exemplo dos efeitos do vento solar são alterações nos campos magnéticos planetários (magnetosfera), já que defletem as partículas e impedem-nas de chegar às superfícies dos planetas. Com efeito, a deflexão das partículas do vento solar varia conforme o campo magnético do planeta: quanto maior a intensidade magnética, maior será a deflexão.

Quando ocorrem as explosões na superfície do Sol, aumenta a emissão de radiação e a densidade de partículas carregadas cresce, o que gera uma tempestade que deforma a magnetosfera e produz fenômenos como as auroras polares.

Outro efeito provocado pelas partículas provenientes do vento solar é a influência na propagação das ondas de rádio, além de influenciar no comportamento da atmosfera da Terra,

pois as partículas carregadas podem alterar a ionização na alta atmosfera, tendo como consequências o aumento da possibilidade de tempestades magnéticas (Marques, 2010). O mecanismo exato da formação do vento solar não é conhecido, sabendo-se que é composto por plasma de elétrons, prótons, subpartículas e partículas carregadas de átomos ionizados mais pesados que, presumivelmente, são acelerados pelas reações termonucleares do Sol em todas as direções e a velocidade elevada (aproximadamente 400 km/s).

2.2.5.3 Aurora no Planeta Vênus

O planeta Vênus é considerado gêmeo da Terra devido à sua proximidade orbital e semelhança de tamanho, porém, são diversas diferenças na pressão e composição atmosféricas em relação a Terra, rotação no sentido oposto ao dos outros planetas e em menor velocidade. A superfície de Vênus é coberta por uma densa atmosfera, e apresenta evidência de uma atividade vulcânica muito ativa no passado. A rotação de Vênus é estimada em 243,1 dias sobre seu eixo, no qual está quase perpendicular ao seu plano orbital. A sua baixa velocidade de rotação explica a ausência do campo magnético. Segundo COWER, 2012, no Planeta Vênus (Figura 20), a reconexão magnética pode gerar auroras contribuindo para a perda de uma atmosfera.

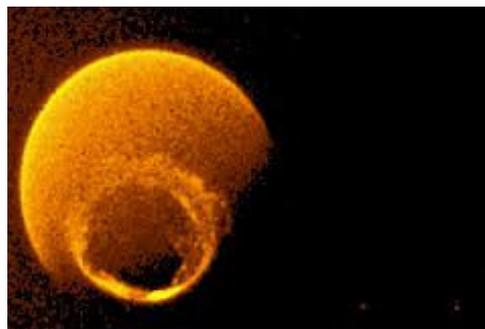


Figura 20 – Imagem da Aurora no Planeta Vênus

Fonte: <https://www.nasa.gov/venus>

2.2.5.4 Aurora no Planeta Marte

Marte é um planeta rochoso constituído de ferro, magnésio, cálcio e potássio. A gravidade existente na superfície do Planeta Marte é de apenas 38% da gravidade da Terra. A atmosfera de Marte é composta por aproximadamente 96% de gás carbônico, e 1,93% de gás

argônio e 1,89% de gás nitrogênio, e traços de gás oxigênio e vapor de água, (PILLING, 2017)

As auroras em Marte, como ilustrado na Figura 21, acontecem fora do guarda-chuva magnético. A falta de uma magnetosfera e a atmosfera extremamente fina de Marte é um desafio para a formação de auroras. Embora as auroras sejam mais proeminentes em planetas com campos magnéticos de dipolo globais (como Terra e Jupiter), a emissão de aurora UV localizada foi recentemente relatado em Marte que não possui uma dipolo. (BRAIN, 2006).

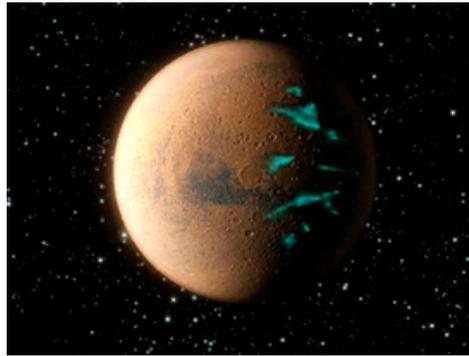


Figura 21 – Imagem da Aurora no planeta Marte

Fonte: <https://mars.nasa.gov/>

2.2.5.5 Aurora no planeta Urano

Classificado como um gigante gelado, o Planeta Urano contém gás metano: responsável por deixar o planeta com a cor azul ciano ou água-marinha.

A população de partículas na atmosfera é fortemente afetada pelas luas uranianas, pois elas varrem a magnetosfera deixando lacunas. Urano tem uma aurora constatada como arcos brilhantes em volta de ambos os polos magnéticos. O momento de dipolo de Urano é 50 vezes o terrestre. A magnetosfera apresenta partículas carregadas de prótons, elétrons e íons de H_2^+ .

A parte mais externa da atmosfera uraniana é formada pela termosfera e coroa que tem uma temperatura uniforme em torno de 800 a 850 K, ECHER (2010). As fontes de calor necessárias para manter tais valores altos não são compreendidas, uma vez que nem a radiação UV solar nem a atividade da aurora podem fornecer a energia necessária. De acordo com ECHER (2010), o telescópio espacial Hubble, da NASA, registrou imagens de uma aurora no planeta Urano conforme ilustrado na Figura 22:

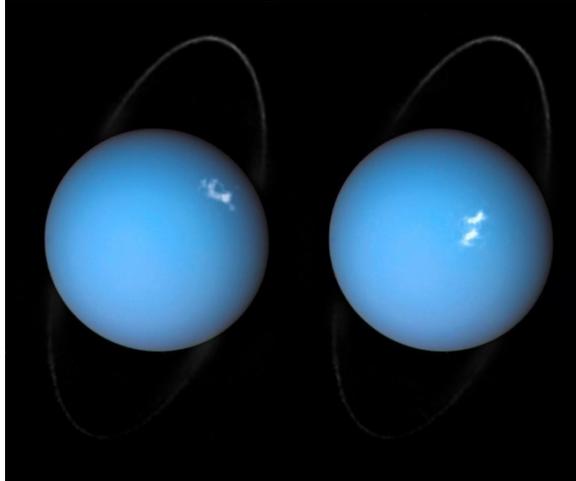


Figura 22 – Imagem da Aurora no planeta Urano

Fonte: <https://www.nasa.gov/uranus>

2.2.5.6 Aurora no planeta Netuno

Netuno possui uma atmosfera muito semelhante à de Urano. A composição química da atmosfera de Netuno possui aproximadamente 79% de gás hidrogênio, 18% de gás hélio e dos outros 3% contendo a maior parte de gás metano. Este último, é o responsável por atribuir a cor azul ao Planeta, ao absorver radiação infravermelha incidente. A magnetosfera de Netuno contém densidade de prótons e elétrons. A atmosfera do satélite de Tritão emite íons de nitrogênio para a magnetosfera. Netuno possui uma Aurora pouco desenvolvida, presentes nos polos magnéticos, conforme Figura 23.

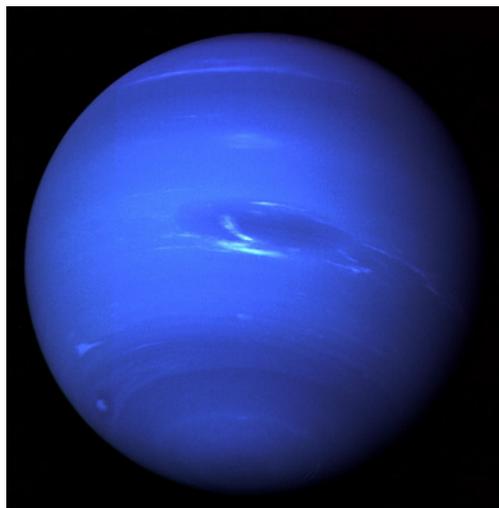


Figura 23– Imagem da Aurora no planeta Netuno

Fonte: <https://www.nasa.gov/subject/3157/neptune/>

2.2.5.7 *Aurora no Planeta Júpiter*

Júpiter é considerado o planeta com maior massa do sistema solar, como se fosse um sistema solar em tamanho reduzido. A atmosfera de Júpiter é composta por 92% de gás hidrogênio 8% de gás hélio. Esse planeta é coberto por nuvens compostas por cristais de amônia e possivelmente, hidrossulfeto de amônia PILLING (2017).

Possui um campo magnético 14 vezes mais forte do que a da Terra. A rotação de Júpiter é a mais rápida entre todos os planetas do Sistema Solar o que favorece a formação da aurora – o planeta completa uma volta em torno de si mesmo em menos de 10 horas.

As nuvens de Júpiter possuem cores de tom laranja e marrom, devido a compostos químicos que mudam de cor quando expostos aos raios ultravioletas proveniente do Sol.

Os vulcões do satélite LO emitem grande quantidade de dióxido de enxofre, formando um toro de gás em órbita do satélite. O gás é ionizado na magnetosfera, produzindo íons de enxofre e oxigênio, que, juntamente com íons de hidrogênio originários da atmosfera de Júpiter, formam uma folha de plasma no plano equatorial de Júpiter. A aurora de Júpiter é a mais poderosa do Sistema Solar. É alimentada em grande parte pela energia extraída da rotação planetária, WAITE (2000). Todas estas características físicas e químicas contribuem para a formação da Aurora no planeta, como ilustrado na Figura 24:



Figura 24 – Imagem da Aurora no planeta Júpiter

Fonte: <https://www.nasa.gov/jupiter>

2.2.5.8 *Aurora no Planeta Saturno*

Assim como a atmosfera dos demais gigantes gasosos, a atmosfera de Saturno é composta de hidrogênio (96,3%) e hélio (3,25%), além de pequenas quantidades de metano

(0,45%) e amônia (0,01%). Na estratosfera, logo acima da troposfera, onde os gases são mais rarefeitos, um dos fenômenos característicos é a fotólise do metano, causada pela radiação ultravioleta emitida pelo Sol. A ionosfera é formada por íons resultantes da interação das partículas do vento solar e o campo magnético do planeta. (PILLING, 2017).

Sua magnetosfera gera, dentre outros fenômenos, auroras em seus polos. Uma das origens de seu campo magnético é a rápida rotação do planeta, menos de onze horas. O campo magnético é gerado a partir da combinação da presença de hidrogênio metálico em seu interior, que é bom condutor de corrente elétrica, e a rápida rotação do planeta, que gera um dínamo que é responsável pela manutenção de sua magnetosfera, STALLARD (2007).

A magnetosfera de Saturno é semelhante à da terra, e é também afetada pela atividade Solar. As auroras possuem imagens fascinantes como ilustrado na Figura 25:

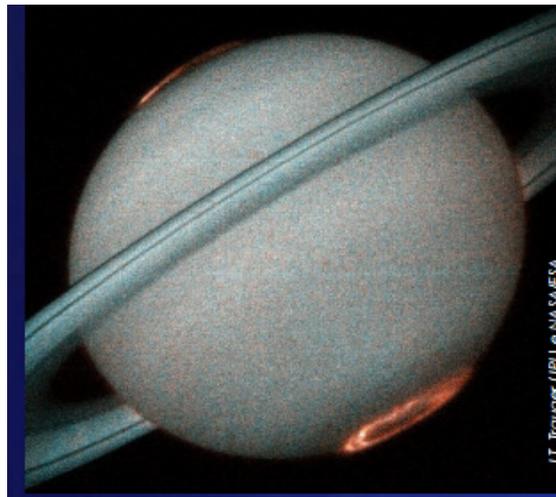


Figura 25 – Imagem da Aurora no planeta Saturno

Fonte: <https://www.nasa.gov/saturn>

2.2.5.9 Breve análise institucional do objeto átomo no Livro Didático de Martha Reis Fonseca

A proposta da Engenharia Didática prevê a análise do LD, para isso, será apresentada a análise do LD de Química Volume 1 de Martha Reis Fonseca. A proposta aqui apresentada é uma discussão sobre como o livro didático está apresentando o tema *Conceito do átomo*, e avaliar sua relação com temas de Astronomia e, por fim, serão discutidas as questões propostas pelo LD, onde destaca na capa do LD a ocorrência das revisões de 2015, 2016 e 2017, dentro dos parâmetros do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

Na introdução do Capítulo 11 do LD, cujo título é *A evolução dos modelos atômicos*, o LD propõe no capítulo 10 como tema geral para a 3ª unidade a “Poluição Eletromagnética”. Na introdução do capítulo 10, a Autora conceitua que a poluição eletromagnética “é o excesso de radiações invisíveis, às quais estamos submetidos o tempo todo” (FONSECA, 2014, p. 150). Em seguida, a autora propõe o conteúdo de “Eletricidade e radioatividade”. Esta proposta visa inserir conceitos de elétrons, prótons, íons e noções de radioatividade.

No capítulo 11 – o LD não revela a concepção de estrutura da matéria, onde trata da parte histórica das primeiras ideias sobre o conceito de átomo como o pensamento de Demócrito que tratou de conceituar o átomo de maneira filosófica, não foram encontrados relatos históricos no LD de Martha Reis Fonseca.

Na página 166 do LD a autora inicia a abordagem sobre os conceitos de modelo atômico de John Thomson que em 1897, conseguiu demonstrar que o átomo não é indivisível, utilizando uma aparelhagem denominada tubo de raios catódicos. Thomson propôs então um novo modelo, denominado pudim de passas: “O átomo é maciço e constituído por um fluido com carga elétrica positiva, no qual estão dispersos os elétrons” (FONSECA, 2014, p. 166).

Na página 167 o LD descreve o modelo atômico de Ernest Rutherford (1871-1937), destacando as principais descobertas do seu experimento:

- a) O átomo contém imensos espaços vazios. Nesse espaço (eletrosfera) devem estar localizados os elétrons.
- b) No centro do átomo existe um núcleo muito pequeno e denso.
- c) “O núcleo do átomo tem carga positiva, uma vez que as partículas foram repelidas ao passar perto do núcleo.” (p. 169).
- d) para equilibrar essa carga positiva, existem elétrons ao redor do núcleo orbitando numa região periférica denominada eletrosfera.

A autora em seguida, traça um momento interdisciplinar com a astronomia quando diz: “Rutherford elaborou um modelo atômico semelhante ao sistema planetário, em que os elétrons se distribuía ao redor do núcleo como planetas em torno do sol” (FONSECA, 2014, p. 169), propondo ainda uma questão que envolve uma relação do conceito atômico com astronomia. A questão está sinteticamente descrita da seguinte maneira:

Questão 1 - O físico Hantaro Nagaoka (1865-1950), sugeriu que o átomo era constituído de um anel de elétrons ao redor de um centro muito denso, comparou o átomo com o planeta Saturno e seus respectivos anéis, que permaneceram estáveis porque o planeta é bastante denso para mantê-los em suas órbitas. Em relação a esse assunto, explique brevemente:

- a) O que são modelos?

- b) Por que o modelo de Dalton precisou ser aperfeiçoado?
 c) Porque o modelo de Thompson foi aperfeiçoado? (FONSECA, 2014, p. 169).

Espera-se que o aluno responda que modelos são desenhos ou imagens para descrever o átomo e que o modelo de Dalton não explica a existência de elétrons livres na eletrosfera nem prótons e nêutrons no núcleo. O modelo de Thompson foi aperfeiçoado por não explicar níveis de camada da eletrosfera. Nesta proposta de questão, a autora questiona os modelos atômicos com um tema interdisciplinar de astronomia, mas não faz nenhuma referência teórica do sistema planetário, em particular, o planeta Saturno, para que o aluno possa fazer um paralelo e tenha domínio nas respostas. Na página 174, A autora traz uma abordagem de curiosidades sobre os seguintes temas:

- Tema transversal: Os espectros e a luz das estrelas.
- Subtemas: Espectro de Emissão. Espectro de Absorção. Análise química das estrelas e a descoberta do Hélio.

Em seguida o LD traz os conceitos do átomo de Bohr e relaciona com um tema interdisciplinar com Astronomia quando destaca o espectro da luz e das estrelas como m demonstrado na Figura 26.

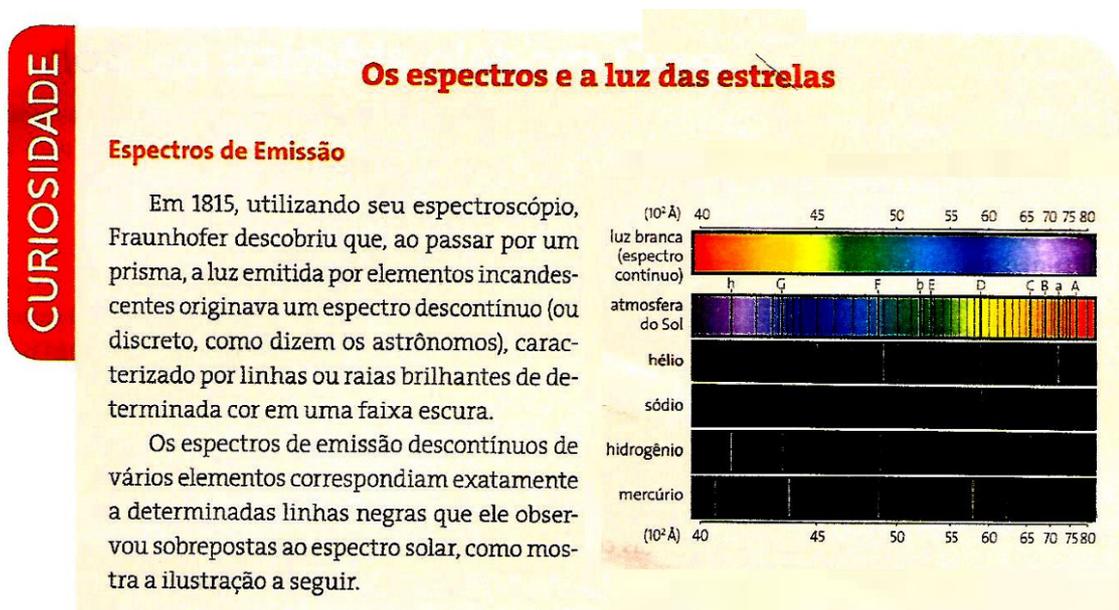


Figura 26 - Os espectros e a luz das estrelas
 Fonte: Do Autor, adaptado de FONSECA (2014).

Na página 176 a autora entra no modelo atômico de Bohr. O LD inicia um contexto histórico onde se destacou um relato que diz: “baseando-se no modelo de átomo de Rutherford, na teoria quântica da energia de Max Planck e nos espectros de linhas dos elementos, os átomos se apresentam em certos estados de energia denominados de quanta”.

Neste raciocínio Bohr propôs os seguintes postulados:

- a) O elétron move-se em orbitas circulares em torno de um núcleo atômico central. Para cada elétron de um átomo, existe uma orbita específica – nível de energia.
- b) Os espectros dos elementos são descontínuos porque os níveis de energia são quantizados, ou seja, são permitidos múltiplos valores de fótons.

Estas afirmações são pronunciadas sem antes a autora realizar uma discussão prévia de alguns termos como: “quanta”, “nível de energia”. Demonstrando que estes conceitos não tem um paralelo com os conceitos anteriores de Dalton e Thompson. Na página 178, a autora faz uma analogia do modelo atômico de Bohr com um teste de chama com os íons: potássio (cor violeta), Cobre (cor verde), Sódio (cor amarelo), Cálcio (cor laranja), Bário (laranja claro). Porém não traça um paralelo deste experimento com nenhum fenômeno da natureza.

Na página 179, a autora traz uma lista de 11 questões abordando o tema de modelo atômico, destacou-se uma em que o enunciado traça um paralelo com um tema interdisciplinar e está relacionado com nosso tema da proposta:

Questão 9 - Uma moda atual entre crianças é colecionar figuras que brilham no escuro. Tal fenômeno ocorre porque alguns elétrons que compõe o átomo absorvem energia luminosa e saltam para níveis de energia mais externos. No escuro, esses elétrons retornam aos seus níveis de origem, liberando energia luminosa e fazendo a figura brilhar. Essa característica pode ser explicada considerando o modelo atômico proposto por: a) Dalton b) Thompson c) Rutherford d) Lavoisier e) Bohr (FONSECA, 2014, p. 169).

Espera-se que o aluno para a questão, responda a letra (e) Bohr, devido aos conceitos discutidos em sala de aula, caso ocorra marcação diferenciada, necessário retomar os conceitos para fixar melhor o entendimento do conteúdo trabalhado.

Na p.176 a autora traz os postulados de Bohr, descrevendo da seguinte maneira:

- 1- O átomo está no seu estado fundamental, quando todos os seus elétrons estiverem se movimentando em seus respectivos níveis de menor energia;
- 2- Se um elétron no estado fundamental absorve um fóton, ele “salta” para um nível imediatamente superior e entra num estado ativado, logo numa situação de instabilidade;
- 3- Quando um elétron passa de um estado de energia elevada para um estado de energia menor, o elétron emite certa quantidade de energia radiante, sob forma de um fóton de comprimento de onda específico, relacionando com uma das linhas do espectro desse elemento.

Conclui-se que o modelo atômico de Bohr explicava satisfatoriamente o átomo de hidrogênio, que possui apenas um elétron ao redor do núcleo, mas falhava ao explicar átomos com dos demais elemento conforme descreve (RUSSEL, 1994), para o postulado de Bohr.

Essa análise do LD sugere que a forma como a dimensão epistemológica é tratada, ou seja, a evolução histórica dos modelos atômicos apresentou lacunas para a compreensão, e contextualização do conhecimento acerca destes estudos, por parecer que algumas informações foram suprimidas do texto, ficando demasiado simples e ressaltando apenas o resultado final do conhecimento em questão. Mas de uma forma geral, este LD atende as expectativas iniciais para introduzir o conceito de átomo de Bohr, porém, requer que o professor busque capacitação e introduza novas propostas didáticas para aproximar a teoria da prática. Para facilitar esse processo, é apresentado nesse trabalho um PEP relacionando com as etapas da engenharia didática, com a finalidade de buscarmos uma melhoria continua na qualidade do processo de ensino/aprendizagem.

2.2.5.10 Postulados de Bohr

1°. No átomo de H, o elétron se move em órbita circular ao redor no núcleo. Neste sistema, as forças centrífuga e centrípeta se anulam. A força centrífuga é de natureza mecânica, enquanto a força centrípeta é fornecida pela atração coulombiana entre partículas com cargas de sinais contrários [e^- e p^+].

2°. A energia do elétron se mantém constante enquanto ele permanecer em orbita ao redor do núcleo.

3°. Apenas certas orbitas são permitidas, cada órbita tendo um valor quantizado do momento angular, L.

4°. Transições entre níveis de energia são permitidas desde que o elétron absorva ou emita um fóton, cuja energia tem valor exatamente igual à diferença entre as energias dos níveis.

Comparando a descrição do postulado relacionado no LD com o postulado proposto pela teoria quântica, como detalhamos em (RUSSEL, 1994), verificamos que a autora não menciona a questão da estabilidade da órbita do elétron devido às forças centrípetas e centrífugas se anularem, tornando o átomo estável como descrevemos o 1° postulado apresentado na Seção 6.1.2.

Para finalizar esta análise, verificamos que o LD contempla as orientações mais atuais para o ensino e a aprendizagem dessa disciplina, ainda que necessitando ajustar algumas

teorias, existe uma preocupação da autora com o desenvolvimento cognitivo do aluno e com a organização didática das atividades que auxiliam o professor à introdução aos conteúdos. A presença do professor com capacitação na área é de fundamental importância para o aprimoramento dos conceitos, ainda que presentes, mas necessitam de intervenção e complementação.

A decisão de utilizar o livro didático como um aliado ou inimigo, parte do professor em relação às escolhas que faz no seu dia a dia. E se for observado que o livro didático apresenta problemas de erros conceituais, é muito importante o professor analisar e se vai adotar ou não o LD na sua praxe profissional. O professor deve ser capaz de identificar a partir de textos reais, aqueles que estejam em consonância com as necessidades da turma para estudá-los, fazendo os alunos avançarem na aprendizagem.

2.2.5.11 Respostas dos Alunos

A realização dos questionamentos iniciais teve por finalidade a avaliação das concepções apresentadas pelos estudantes. Essas concepções são importantes, pois demonstram que as informações pré-existentes não são suficientes para esclarecer todas as dúvidas levantadas. Dessa forma, o estudante entra em conflito com seu próprio conhecimento, percebendo a necessidade e a importância em adquirir novas informações sobre o assunto.

Nesta etapa da intervenção, são levantados questionamento à turma, com o objetivo de relacionar o tema às situações de diagnóstico, buscando explorar de forma subjetiva os conceitos preconcebidos dos alunos, tais como: “O que é um átomo?”.

Em seguida foram separadas as respostas em grupos que apresentavam características semelhantes e montamos o Gráfico 1, organizando em porcentagens:

Questão No.1
(Total de alunos envolvidos : 50)

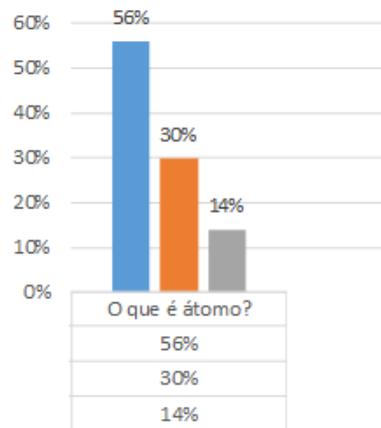


Gráfico 1 – Questão No 1 Análise Preliminar

Fonte: Do Autor

Pela análise gráfica, 56% responderam que o átomo é constituído por prótons, nêutrons e elétrons, 30% responderam que o átomo é constituído por cargas positivas e cargas negativas, 14% responderam que o átomo é tudo que tem massa e ocupa um lugar no espaço. Verifica-se que as repostas foram fragmentadas e que os alunos não foram capazes de estabelecer uma conexão entre as teorias. Segue respostas sequenciais de alunos para a questão o que é átomo:

O QUE É ÁTOMO ?
 É formado por prótons, elétrons e nêutrons.
 São menores partículas elementos químicos.

Imagem 1 - Resposta do aluno A, Análise preliminar.

Fonte: Do Autor

O QUE É ÁTOMO ?
 Pequena porção de matéria que consiste no núcleo central de cargas elétricas positivas envolto por uma nuvem de elétrons de carga negativa.

Imagem 2 - Resposta do aluno B, Análise preliminar.

Fonte: Do Autor

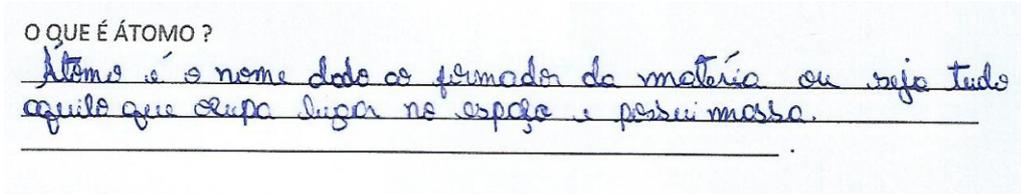


Imagem 3 - Resposta do aluno C, Análise preliminar.

Fonte: Do Autor

Pela análise das respostas descritas nas Imagens 1,2 e 3, identificamos dois problemas básicos: os erros e as dificuldades de aprendizagem, onde os alunos não respondem o conceito de átomo de uma maneira completa e sim, respondem por partes. Núñez e Ramalho (2012) explicam essa dificuldade nas disciplinas das ciências naturais, como a Química, a partir das relações entre as capacidades e competências dos estudantes e a demanda da pergunta. Assim, um erro conceitual de um grupo de estudantes na resposta a uma pergunta pode ser explicado também pela carência de estratégias para resolver a tarefa, pelas deficiências no conhecimento conceitual ou pela demanda cognitiva excessiva da pergunta para uma capacidade mental dada.

Os erros evidenciam as manifestações das dificuldades de aprendizagem do aluno. É o que pode ser constatado no nível fenomenológico. As dificuldades de aprendizagem são as causas que podem ser atribuídas aos erros; são hipóteses estabelecidas para compreender o porquê dos erros (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012).

Ainda de acordo com os autores, considerando como erro uma resposta dada por um estudante a uma determinada questão, quando essa resposta não coincide com a que é definida como correta pela disciplina, ou seja, quando a resposta dada não é válida no contexto da disciplina científica. Nessa perspectiva, o erro é a manifestação externa da dificuldade de aprendizagem, apresentando-se sempre como relativa, uma vez que é produzido e identificado em relação a uma referência considerada correta pela área de conhecimento. O erro não acontece por “azar”; ele é resultado de uma dificuldade de ordem epistemológica.

A resposta fragmenta resultantes desta pesquisa, dentre outras causas, de uma aprendizagem desmembrada, que não integra os conhecimentos para construir sentido a um objeto complexo para um conceito químico. Embora o estudo dos conceitos químicos deva ser realizado de forma integrada, como se orienta nas Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), os livros, os programas das disciplinas, a função e a própria prática não se desenvolvem seguindo essa perspectiva. Isso também influencia e explica parcialmente

as dificuldades dos estudantes para estabelecer relações diversas entre as partes de um sistema (BRASIL, 1998).

A fase da Análise *a priori*, segundo Artigue (1998, *apud* POMMER, 2013), comporta uma parte descritiva e uma parte preditiva. É preciso descrever as escolhas efetuadas, definindo variáveis de comando, no âmbito global, mais amplo e mais geral, e no âmbito local, descrevendo cada atividade proposta. As primeiras escolhas dizem respeito a *variáveis globais*, aquelas que se referem à organização global da Engenharia.

2.3 Segunda Fase: Análise a Priori

Com base nas análises prévias, onde foi realizado o levantamento de referencial bibliográfico para embasar a estudo em questão. Planejou-se a experimentação na elaboração de uma sequência didática em 7 sessões de 50 minutos cada. As considerações desta proposta será discutidas na fase da análise *a posteriori*, onde foi avaliado se os alunos entenderam e fizeram relações com as hipóteses levantadas na análise prévia. Será avaliado na fase da análise *a posteriore* se os conhecimentos adquiridos na proposta foram suficientes para que as respostas tivessem coerência e se os educandos desenvolveram novas habilidades como, por exemplo, relacionar o conteúdo de Química com o fenômeno da Astronomia.

2.3.1 Terceira Fase: Experimentação – Sequência Didática de Ensino com planejamento

Neste trabalho, foi utilizado o percurso da engenharia didática, embasada por 4 fases e tendo como base para a problemática, os erros conceituais do conceito de átomo. A Astronomia teve sua abordagem de forma interdisciplinar, tendo como eixo os fenômenos da Aurora. Utilizaram-se três hipóteses para justificar o dispositivo podendo ser validado ou não. Nesse sentido, é importante buscar articular o estudo com fenômenos presentes no cotidiano dos alunos para facilitar a compreensão dos conceitos trabalhados. Pensando nestes quesitos, na presente proposta, buscaremos respostas para as seguintes questões em estudo.

A sequência didática foi ministrada seguindo o esquema da Figura 27, caracterizada em sete sessões de ensino. As quatro primeiras sessões serão de aulas expositivas. A quinta sessão será aplicado uma avaliação teórica, em que os alunos responderam ao questionamento relativo às quatro primeiras sessões. A sexta sessão será uma atividade prática, onde os alunos manipularam as pulseiras fluorescentes. A sétima e última, o professor aplicará 2

experimentos relacionados à formação da fluorescência através da radiação e da quimiluminescência.

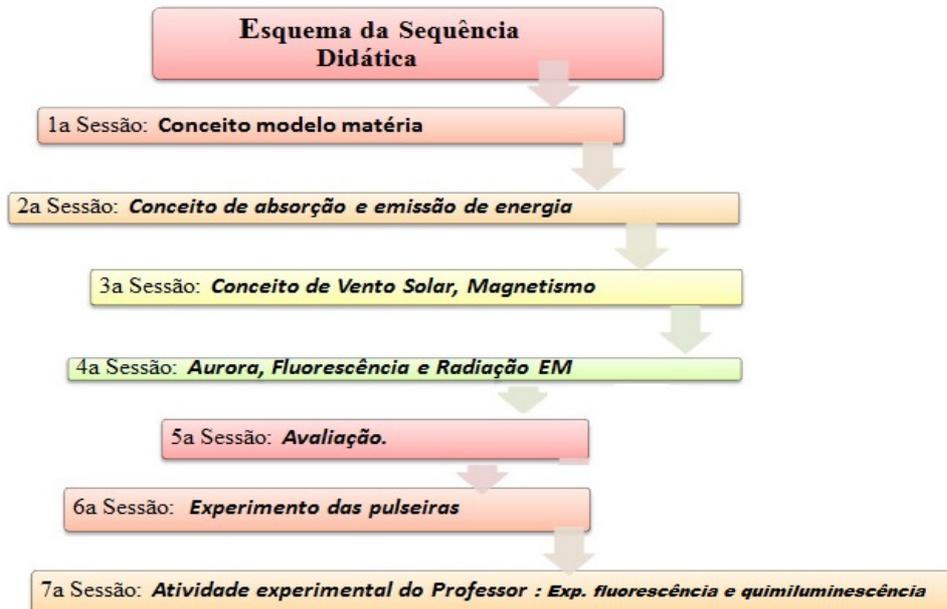


Figura 27 – Esquema das sessões da SD

As quatro primeiras sessões foram ministradas em apresentação de data show, com slides predefinidos e utilizando lousa para explicar os conteúdos quando necessário (Apêndices 3 ao 14). Foram ministradas ao todo, quatro aulas com duração de 50 minutos cada, distribuídas da seguinte forma: no tema modelo atômico (4 slides); no tema Absorção e Emissão de Energia (3 slides); no tema de vento solar e magnetismo (2 slides); no tema radiação eletromagnética, Aurora (3 slides).

A Tabela 1 apresenta uma descrição dos conteúdos a serem abordados em cada slide.

Tabela 1 - Numeração Slides da Fase Experimentação.

Slides	Data	Tema principal	Conteúdo
1	4/4	Modelo atômico	Breve histórico e conceitos.
2		Modelo atômico	Eletrosfera, níveis de energia.
3		Modelo atômico	No. Massa, prótons, elétrons e nêutrons.
4		Modelo atômico	Ganho e perda de elétrons, força eletrostática.
5	11/4	Absorção e emissão de energia	Esquema de absorção de radiação
6		Absorção e emissão de energia	Emissão de fóton
7		Absorção e emissão de energia	Princípio da emissão atômica
8	18/4	Vento solar e magnetismo	Formação do vento solar
9		Vento solar e magnetismo	Vento solar e magnetismo terrestre
10	25/4	Aurora	Definição e conceitos
11		Aurora	Figura de cores vermelhas da Aurora
12		Radiação Eletromagnética	Luz visível

2.3.2 Primeira Sessão de ensino: Aula 1 (50 minutos) Conceito modelo matéria

Neste primeiro momento, utilizou-se a apresentação dos Slides I, II, III e IV, conforme Apêndices 3 ao 6. Os conteúdos abordados relacionados ao tema são descritos abaixo:

- Primeira ideia do átomo feita por Demócrito (breve histórico);
- Conceituação de que a matéria não pode ser dividida infinitamente;
- Elementos do Átomo (Eletrosfera e os níveis de energia);
- Elemento do Átomo (salto quântico do elétron);
- Elementos do Átomo (prótons, nêutrons e massa atômica);
- Elementos do Átomo (ionização do átomo, cátions e ânions);
- Elementos do Átomo (Absorção e Emissão de energia);
- Elementos do Átomo (emissão de fóton).

Para este primeiro momento, utilizou-se o Plano de Aula 1 (Apêndice 15). A aula transcorreu normalmente, não houve intervenção do aluno quando questionado se havia alguma dúvida quanto ao conteúdo ministrado, visto que estes conteúdos eram de revisão da primeira série. Foram utilizados recursos audiovisuais (Data Show e lousa).

2.3.3. Segunda Sessão de ensino: Aula 2 (50 minutos) Conceito de absorção e emissão de energia.

Neste segundo momento, utilizou-se as apresentações dos slides V, VI e VII, conforme Apêndices 7, 8 e 9. Foi apresentado o seguinte conteúdo relacionado ao tema:

- Elementos do Átomo (Absorção e Emissão de energia);
- Elementos do Átomo (emissão de fóton);
- Camada de valência mais e menos energética.

Para este momento foi utilizado o Plano de Aula 2 (Apêndice 16). A aula transcorreu normalmente, não houve intervenção do aluno quando questionado se havia alguma dúvida quanto ao conteúdo ministrado, visto que estes conteúdos eram de revisão da primeira série. Foram utilizados recursos audiovisuais (Data Show e lousa).

2.3.4 Terceira Sessão de ensino: Aula 3 (50 minutos). Conceito de Vento Solar, Magnetismo Terrestre.

No terceiro momento, foram utilizadas as apresentações dos slides VIII e IX, conforme Apêndices 10 e 11, apresentando os fatores que influenciam a formação da Aurora.

- Conceito de Vento Solar;
- Partículas do Vento Solar: prótons, elétrons e subpartículas;
- Formação na Aurora Polar, as cores verdes (átomos de oxigênio) e formação das cores vermelhas (átomos de nitrogênio e predominante e oxigênio);
- O fenômeno da Aurora, não é exclusivo somente da Terra, sendo observado em outros planetas como Júpiter, Saturno, Netuno, Marte e Vênus.

Para este terceiro momento foi utilizado o Plano de Aula 3 (Apêndice 17). A aula transcorreu normalmente, os alunos absorveram os conteúdos, correlacionando os fenômenos ora descritos com a teoria.

2.3.5 Quarta Sessão de ensino: Aula 4 (50 minutos). Noção geral de radiação eletromagnética e formação da Aurora Polar. Fluorescência

No quarto momento, utilizou-se a apresentação dos slides X, XI e XII, conforme Apêndices 12, 13 e 14, apresentando os fatores que influenciam a formação da Aurora Polar.

- Noção de conceitos de radiação eletromagnética do Sol na formação da Aurora Polar;
- Emissão de fóton na Aurora Polar;
- Fluorescência;

Para este quarto momento utilizou-se o Plano de Aula 4 (Apêndice 18).

2.3.6 Quinta Sessão de Ensino: Aula 5 (50 minutos) - Respostas do questionário de avaliação.

Nesta etapa do percurso didático da ED, foi aplicado um questionário para 50 alunos pré-selecionados que tinham interesse ao participar da atividade, envolvendo conceitos de química com ênfase a fenômenos da astronomia. O objetivo deste questionário foi levantar informações relevantes para serem avaliadas e comparadas com as respostas realizadas no questionário preliminar em que foi perguntado a respeito do conceito do átomo.

As respostas foram analisadas e comparadas a fim de avaliar se houve evolução nas respostas dos alunos. Este questionário foi aplicado depois de os alunos participarem das aulas teóricas ministradas em slides, contidos na fase da experimentação. No Quadro 1, 2 e 3, encontram-se respostas de alguns dos alunos.

Imagem 4 - Resposta aluno A – Análise a Posteriori.

Fonte: Do Autor

COLÉGIO MODELO LUIZ EDUARDO MAGALHÃES
FEIRA DE SANTANA – BAHIA
2017

ALUNO: Bianca (1º NOME)

O QUE É ÁTOMO?

Átomo é a menor partícula da matéria que possui um núcleo com carga positiva (+) e uma eletrosfera com carga negativa (-).

galiléu) que forma uma nuvem de elétrons, entre o núcleo e a eletrosfera existe uma força chamada, forças elétricas.

táticos, que faz com que as cargas positivas e negativas do núcleo e da eletrosfera se atraiam.

DÊ UM EXEMPLO DE UM FENÔMENO QUE OCORRA NA NATUREZA ENVOLVENDO A ASTRONOMIA CONSIDERANDO AS RESPOSTAS ACIMA DOS CONTEÚDOS DE QUÍMICA. UTILIZE DE ESQUEMAS, MODELOS PARA ILUSTRAR SUA RESPOSTA.

R = A aurora boreal

ALUNO: Roberto (1º NOME)

O QUE É ÁTOMO?

Átomo é a menor partícula de uma matéria, composta por um núcleo de carga positiva e uma eletrosfera de carga negativa.

DÊ UM EXEMPLO DE UM FENÔMENO QUE OCORRA NA NATUREZA ENVOLVENDO A ASTRONOMIA CONSIDERANDO AS RESPOSTAS ACIMA DOS CONTEÚDOS DE QUÍMICA. UTILIZE DE ESQUEMAS, MODELOS PARA ILUSTRAR SUA RESPOSTA.

R=

A aurora boreal é um fenômeno que ocorre a partir do Sol que libera partículas na forma iônica dos ventos solares. Essas partículas são absorvidas pelos átomos de oxigênio e nitrogênio, durante isso absorvem os elétrons dos átomos para som para o estado mais energética e quando ele volta libera assim formam o aurora boreal.



Imagem 5 - Resposta aluno B – Análise a Posteriori.

Fonte: Do Autor

COLÉGIO MODELO LUIZ EDUARDO MAGALHÃES

FEIRA DE SANTANA – BAHIA

2017

ALUNO: Angela (1º NOME)

O QUE É ÁTOMO?

O átomo é a menor partícula da matéria. Ele é formado pelo núcleo, onde estão os prótons (carga positiva) e pela eletrosfera, onde estão os elétrons (carga negativa). Existem forças eletrostáticas que fazem com que os elétrons não "fujam" da eletrosfera e sempre fiquem na órbita do núcleo.

DÊ UM EXEMPLO DE UM FENÔMENO QUE OCORRA NA NATUREZA ENVOLVENDO A ASTRONOMIA CONSIDERANDO AS RESPOSTAS ACIMA DOS CONTEÚDOS DE QUÍMICA. UTILIZE DE ESQUEMAS, MODELOS PARA ILUSTRAR SUA RESPOSTA.

R =

1 → O sol emite partículas através dos ventos solares.
 2 → As partículas chegam na Terra e entram em contato com a atmosfera.

3 → Na atmosfera, os elétrons (carga negativa) descolam, tendem a absorver energia dessas partículas e com isso mudam-se para uma camada mais energética da eletrosfera.

4 → Depois, tendem a voltar para a sua camada de origem, liberando, assim, energia em forma luminosa, chamada de fóton.

5 → Essa energia luminosa é chamada fluorescência, como ocorre na Aurora Boreal.

FLUORESCÊNCIA

Imagem 6 - Resposta aluno C – Análise a Posteriori.

Fonte: Do Autor

Realizando um comparativo das respostas do questionário preliminar de diagnóstico descrito na página 60 contendo erros conceituais e fragmentação nas respostas, observa-se que os alunos responderam o conceito de átomo na fase da experimentação de forma mais completa a exemplo do aluno A, que traz o seguinte conceito para o átomo:

o átomo é a menor partícula da matéria, possui um núcleo com carga positiva (+) e uma eletrosfera com carga negativa (-), que forma uma nuvem de elétrons. Entre o núcleo e a eletrosfera existe uma força de natureza eletrostática, concluindo que a aurora é um fenômeno da astronomia que está associado ao conceito do átomo (ALUNO A).

Em todas as respostas dos alunos A, B e C, aparece a palavra “força eletrostática” para o conceito de átomo, características que não foram percebidas no questionário de diagnóstico descrito na análise prévia. Demonstrando que a sequência didática na sessão da experimentação contribuiu para uma melhoria na qualidade das respostas, atuando para amenizar os problemas de erros conceituais.

Sobre a montagem das ilustrações, os Alunos A, B e C, ampliaram seus conceitos quando descrevem: “emissão de partículas do vento solar”, “os elétrons absorvem energia e passa de um estado menos para um estado mais energético”, “liberação de fóton”, formação de fluorescência”. Esta ampliação dos conceitos associados aos fenômenos da Astronomia, constata que a interdisciplinaridade promovida, internalizou a formulação dos alunos e proporcionou um momento de ligação entre os conceitos teóricos do ensino de química relacionando com temas da Astronomia.

Foi possível perceber durante a aplicação da atividade na fase da experimentação, um maior envolvimento dos alunos com um acentuado grau de interesse em realizar as questões solicitadas, possivelmente esta motivação está atrelada num contexto diferenciado daqueles praticados apenas na teoria, o que é uma praxe no cotidiano da turma. Pode-se inferir que os alunos se mostraram motivados ao serem apresentados a um cenário diferenciado daquele que estão acostumados, o novo se torna um desafio prazeroso para eles ao confrontarem os conceitos de Química com a Astronomia de forma interdisciplinar.

Compreende-se que o percurso da Engenharia Didática é uma inovação para uma condição do o ensino-aprendizado. Esta assertiva está configurada neste trabalho e vem ilustrar a utilização das atividades interdisciplinar de propostas, como sendo um dos instrumentos possíveis de serem utilizados na aprendizagem de Química ligados à Astronomia. Valorizar o conhecimento cotidiano dos estudantes e a significação de conceitos, são passos importantes para mudar a ação pedagógica, abandonar a postura de professor transmissor teórico, e adotar uma prática dialógica que estabeleça conexão entre conhecimentos do cotidiano e científico e as condições a partir das quais, o aluno aprende.

A aula experimental, ao ser aplicado juntamente com as aulas teóricas, se torna atrativa para os alunos. Eles são protagonistas, sujeitos ativos, mostrando interesse pelo conhecimento. O professor, por sua vez, é o intermediador, mediador, pois é quem organiza a

experiência. No cotidiano escolar, não é difícil constatar que inexitem atividades experimentais de Química e principalmente a temas ligados à Astronomia comprovados pela unidade escolar, a qual o autor faz parte.

Alguns fatores que contribuem para os erros conceituais, como, por exemplo: indisponibilidade ou má qualidade de material; excessivo número de alunos em sala de aula; formação precária dos professores e pouca bibliografia para orientá-los; restrições institucionais como falta de tempo para as aulas, indisponibilidade de recursos áudio visuais, inexistência de programação e articulação entre atividades experimentais com a disciplina, falta de atividades preparadas, ausência de tempo para o professor planejar e montar suas atividades, carência de recurso para a compra e substituição de equipamentos e de materiais de reposição. Porém, tudo isso pode ser amenizado com boa vontade e acima de tudo, capacitação profissional para não apenas superar, mas trazer um processo que envolva qualidade de ensino.

A seguir, é apresentado um quadro de perguntas (Figura 28), onde no decorrer do processo de aplicação do questionário, alguns alunos indagaram, a respeito de suas dúvidas.

PERGUNTA 1: No elétron, só existe uma carga de energia para orbitar? Ele libera fóton para poder voltar a estar com carga de energia?

PERGUNTA 2: O átomo só tem uma carga positiva ou várias?

PERGUNTA 3: Um aluno argumentou que o vento solar era constituído de partículas que colidem com as moléculas de oxigênio e de nitrogênio para emissão de energia e posterior formação de fóton?

PERGUNTA 4: A aurora ocorre na parte mais externa da atmosfera onde contém as moléculas de oxigênio e nitrogênio?

Figura 28 - Perguntas dos alunos

Infere-se neste contexto de avaliação que nas perguntas 1, 3 e 4, existe um grau de amadurecimento do conhecimento adquirido, pois, aparecem frases e palavras como o “fóton”, “vento solar constituído de partículas que colidem com moléculas de oxigênio e de nitrogênio”, “a Aurora ocorre na ionosfera que é a parte mais externa da atmosfera”. Tal fato é evidenciado pela interdisciplinaridade que não é categoria de conhecimento, mas de ação. Esta concepção depende basicamente de uma atitude, de uma mudança de conduta do sujeito em relação ao conhecimento.

2.3.7 Sexta Sessão de Ensino: Aula 6 (50 minutos). Levantamento das informações dos alunos (Situação adidática).

Este momento foi reservado para apresentar uma situação adidática proposta por Brousseau (1996b), o qual destaca que uma situação de ensino apropriada é aquela onde a resposta do aluno não seja a que o professor pretende ensinar-lhe. A resposta inicial do aluno estará embasada numa estratégia de base, e é aquela que disponibiliza seus conhecimentos anteriores como ferramenta.

Porém, esta estratégia deverá ser insuficiente, sendo percebida rapidamente, pelo próprio aluno, como ineficaz para ajudá-lo a responder a situação proposta. Brousseau (1996) coloca como ideia básica, aproximar o trabalho do aluno do modo como é produzida a atividade científica verdadeira, ou seja, o aluno se torna um pesquisador, testando conjecturas, formulando hipóteses, provando, construindo modelos e conceitos, sempre socializando os resultados.

Assim fica claro que é essencial que o professor não intervenha diretamente para ajudar o aluno a encontrar uma solução; as situações adidáticas constituem o momento de grande potencialidade, onde o aluno poderá vir a romper as velhas práticas da repetição e do modelo, entretantes é importante lembrar que a intenção pedagógica caracteriza todas as etapas do processo didático uma vez que todo o trabalho do professor é previamente determinado por objetivos, métodos e noções conceituais.

O procedimento será a distribuição das pulseiras para os alunos, entregamos uma folha de perguntas e será solicitado que eles proponha questões que relacionasse o experimento com a aula expositiva. A tarefa consiste em quebrar as pulseiras fluorescentes e agitar o líquido no interior para que se forme a fluorescência.

Foram selecionadas algumas respostas de 3 alunos assim descritas:

Aluno 1 – “O experimento apenas confirmou que quando um elétron salta para uma camada mais energética, produz um fenômeno chamado de fluorescência”.

Aluno 2 – “O mesmo efeito da fluorescência que ocorre nos polos do Planeta, ocorre nas pulseiras fluorescentes, porém, com substâncias diferentes”.

Aluno 3 – “Tanto na pulseira, quanto na aurora boreal, os elétrons se movem para a camada mais energética e por uma fração de segundos, voltando ao normal e isso formar fóton (luz)”.

Fica evidenciado pelo exposto das respostas anteriores, nas quais os alunos internalizaram conceitos importantes de absorção e emissão de energia promovendo o salto

quântico do elétron e posterior formação da fluorescência quando o Aluno 1 menciona: “O experimento apenas confirmou que quando um elétron salta para uma camada mais energética, produz um fenômeno chamado de fluorescência”. Paralelamente o Aluno 2, relaciona o conceito abordado pelo Aluno 1 correlacionando a formação da Aurora polar quando diz que “o mesmo efeito da fluorescência que ocorre nos polos do Planeta” e ainda enfatiza e diferencia o tipo de substância presente na pulseira da que ocorre na Aurora quando descreve “ocorre nas pulseiras fluorescentes, porém, com substâncias diferentes”.

Esse procedimento embasa o que Brousseau (1996) coloca como ideia básica: aproximar o trabalho do aluno do modo como é produzida a atividade científica verdadeira, ou seja, o aluno se torna um pesquisador, testando conjecturas, formulando hipóteses, provando, construindo modelos e conceitos, sempre socializando os resultados.

2.3.8 Sétima Sessão de Ensino: Aula 7 (50 minutos). Demonstração de experimento do professor – atividade experimental prática.

Apresentaremos nesta sessão de ensino 2 experimentos. O primeiro para ilustrar uma reação fotossensível por oxirredução, formada através da radiação ultravioleta proveniente do Sol e o segundo experimento, para demonstrar a formação da fluorescência por reação da quimiluminescência. A fundamentação teórica vem a seguir e o procedimento está descrito no Apêndice 19 e 20.

Neste experimento, demonstraremos uma reação fotossensível através da radiação ultravioleta proveniente da radiação solar na formação do complexo azul de Prússia. Neste recurso didático, o processo de formação do complexo se dará a partir de reações de oxirredução químicas feitas sobre superfícies fotossensíveis, diretamente sobre o papel de celulose.

O principal objetivo destas duas experiências é estimular a discussão a respeito dos modelos atômicos e do processo de emissão de radiação dos átomos. Na primeira delas será abordado o fenômeno da fotoluminescência produzindo o azul de Prússia para ilustrar uma reação fotossensível por oxirredução. O segundo experimento consiste da observação do processo de luminescência observado nas reações de quimiluminescência de bastões e pulseiras luminescentes, neste processo é demonstrada a reação da Fluoresceína.

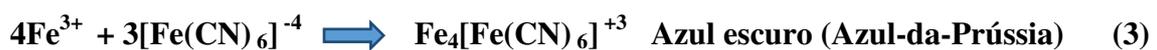
2.3.8.1 – Experimento da Luminescência – Azul de Prússia (Fotoluminescência)

No primeiro experimento, é demonstrada uma reação fotossensível através da radiação ultravioleta proveniente da radiação solar na formação do complexo azul de Prússia. Neste recurso didático, o processo de formação do complexo se dará partir de reações de oxirredução químicas feitas sobre superfícies fotossensíveis, diretamente sobre o papel de celulose.

O princípio químico que aqui se demonstra tem a mesma finalidade da invenção da fotografia "clássica", baseada nos sais de prata. A receita utilizada na demonstração é, no entanto, bem mais recente, sendo uma versão melhorada das receitas pioneiras. O seu autor é Fernandes (2002), que num belíssimo e recente livro relata o estado da arte do azul da prússia e seu uso nos cianótipos. As reações são as seguintes: inicialmente na reação (1), os íons hexacianoferrato (III) - $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-3}$ oxidam o ferro (II) $[\text{Fe}^{+2}]$, proveniente do nitrato férrico, a ferro (III) - $[\text{Fe}^{+3}]$, formando-se então o hexacianoferrato (IV) - $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-4}$.



A reação se processa na reação (2), através da decomposição fotoquímica do trioxalato de ferro (III) - $[2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{-3}$ produzindo ferro (II) - $[2\text{Fe}^{2+}]$ e dióxido de carbono - $[2\text{CO}_2]$. Esta reação só ocorre na presença de luz.



A formação de azul da prússia - $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{+3}$, se dá a partir de uma mistura de ferrioxalato e ferricianeto que é devida à fotoreação do ferri-oxalato, que degrada por ação da luz, com libertação de CO_2 e formação de $\text{Fe}(\text{II})$. Este último íon envolve-se numa reação redox com o ferri-cianeto existente na mistura, formando-se, assim, o ferrocianeto férrico que precipita. Ou seja, temos um azul revelado (Azul da Prússia – Figura 29).

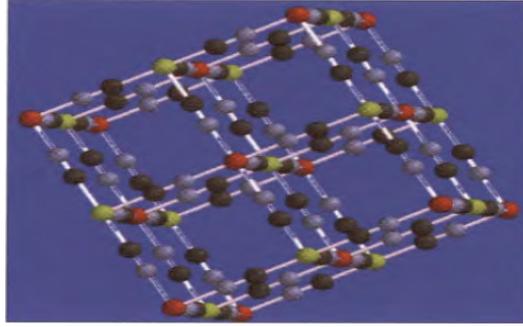


Figura 29 – Modelo de Azul da Prússia em 3D

Fonte: Fernandes, 2002.

O procedimento consiste em formar o complexo a partir da reação de oxirredução, o procedimento do passo a passo é apresentado no Apêndice 19.

2.3.8.2 – Experimento da Luminescência – Corante Fluoresceína

No segundo experimento, se buscou discutir os fenômenos da fluorescência. Neste experimento, utilizamos materiais simples para explicar aos alunos como ocorre a emissão de luz visível por intermédio da excitação de uma substância química por absorção de radiação ultravioleta. Este fenômeno pode ser observado em corantes orgânicos (como por exemplo, a clorofila).

Para o caso deste experimento, na qual a emissão de luz será verde, é usado o corante Fluoresceína. A fluoresceína possui nome IUPAC 3',6'-di-hidroxi-espíro [2-benzofuran-3,9'-xanten]-1-ona, pertence a uma classe de compostos largamente utilizados como corantes, chamados xantenos. Foi sintetizada pela primeira vez pelo químico alemão Johann Friedrich Adolf von Bayer em 1871. Ela recebeu este nome em função da coloração fluorescente amarelo-esverdeada que apresenta em solução alcalina.

A Fluoresceína é um corante orgânico xanteno que produz uma coloração amarelo esverdeado no filme normal da lágrima, e verde brilhante em meio mais alcalino, tal como no humor aquoso quando expostos a luz verde ultravioleta, com a absorção máxima de 500 nm de comprimento de onda (Figura 30). É solúvel em água, mas têm grupos fenólicos e ácidos carboxílicos na estrutura, os quais se dissolvem melhor em meio ligeiramente básico. A emissão de luz é observada com pH em torno de 8 comprimentos de onda de emissão de 550 nm.

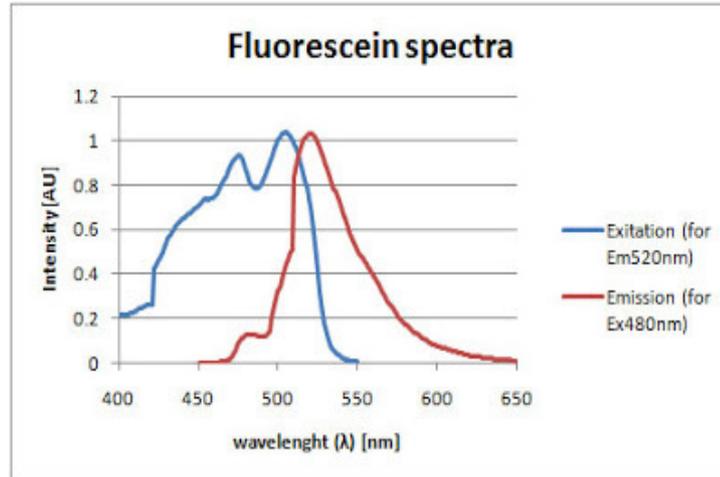


Figura 30 – Espectro da Fluoresceína

Fonte: (NERY, 2004)

A luminescência é a emissão de luz em resposta à interação com a radiação eletromagnética com a matéria, reações químicas, choques mecânicos e a outras formas de estímulo. O intervalo que ocorre entre a excitação de elétrons e a emissão de fótons pode ser muito curto, da ordem de alguns microssegundos. O processo curto é denominado fluorescência, e o processo demorado são denominados fosforescência; em ambos os casos o comprimento da onda emitida é maior do que o da onda incidente (NERY 2004)

2.3.9 Erros e Obstáculos Didáticos

Foram selecionadas algumas respostas de outros 2 alunos, assim descritas, contendo os erros didáticos:

Aluno 4 – “O próton quando passa de uma camada para outra, gera maior energia, e quando retorna para seu lugar, gera uma emissão que forma fóton, ou seja, gera luz”.

Aluno 5 – “Assim como a Terra recebe radiação eletromagnética do Sol, que causam a fluorescência, quando as substâncias da pulseira se misturam, ocorre o mesmo”.

Na análise do erro do Aluno 4, quando descreve que “o próton, quando passa de uma camada para outra, gera maior energia”, não o especifica se é emissão ou absorção de energia. E quando o Aluno 5 descreve: “assim como a Terra recebe radiação eletromagnética do Sol, que causam a fluorescência”, não leva em consideração o fator vento solar, o choque entre partículas, o efeito magnético da Terra.

Ao conhecer e ler sobre a teoria de Brousseau, percebe-se o quanto é importante a identificação do erro no espaço de ensino e aprendizagem, sendo que quando os erros são

identificados, o aluno passa por um desequilíbrio em relação ao seu conhecimento, pois este não é mais válido. A superação deste desequilíbrio mostra que novos conhecimentos foram integrados aos antigos, voltando o aluno a um novo equilíbrio. Por isso, o erro para Brousseau, é um conhecimento, pois a cada desequilíbrio, o aluno supera seu conhecimento para adquirir um novo, que será válido até um novo desequilíbrio.

2.3.10 Variáveis Didáticas

Traçaremos agora as variáveis didáticas propostas aplicadas na sala de aula com relação às respostas dos alunos. Sendo V_1 , a variável didática, sendo o tipo de tarefa de acordo com a concepção de átomo, V_2 a variável em relação às questões elaboradas pelos alunos sobre o conceito do modelo do átomo, V_{1-1} às questões levantadas pelos alunos em dupla e V_{1-2} as variáveis das questões individuais dos alunos.

Para o tipo de tarefa sobre o conceito de átomo, traçamos da seguinte forma:

T1 – tipo de tarefa: conceito de átomo.

Tarefa (t_1) – a eletrosfera do átomo é constituído de camadas (níveis de energia);

Teoria – Conceitos de modelo atômico. Divisão do átomo em elétrons, prótons e nêutrons. Camadas de valência;

Técnica – Mostrar a equivalência e atração entre partículas com cargas de sinais contrários. Mostra o postulado que estabelece os diferentes níveis de energia para o átomo;

Tecnologia - Modelo atômico que revela o fenômeno da Aurora, com formação da fluorescência.

Tarefa (t_2) – quais são elementos presentes no núcleo e na eletrosfera do átomo;

Teoria – Emissão de Fótons. Conceitos de prótons, elétrons e nêutrons;

Técnica – Mostrar esquema de absorção e liberação de energia. Mostrar a equivalência entre forças de atração entre essas partículas;

Tecnologia - Modelo atômico que revela o fenômeno da Aurora, com formação da fluorescência;

T2 – tipo de tarefa: Descrever a mudança de estado do elétron.

Tarefa (t_{2-1}) – como o elétron passa de uma camada menos energética para uma camada mais energética;

Teoria – Emissão de Fótons. Conceitos de absorção e emissão de energia;

Técnica – Demonstração de equivalência de energia nas camadas de valência – emissão de fóton;

Tecnologia – Associar esta tarefa com o fenômeno da Aurora, com formação da fluorescência;

Tarefa (t_{2-2}) – qual a condição para que o elétron emita o fóton;

Teoria – Postulados de modelos atômicos;

Técnica – mostrar o postulado que fala da quantização da energia e seu equivalente em fótons;

Tecnologia - Associar esta tarefa com o fenômeno da Aurora, com formação da fluorescência;

Após aplicação da tarefa, separamos algumas respostas dos alunos para analisar e confrontar com as respostas realizadas na análise prévia. Discutiremos se houve evolução nas respostas dos alunos.

Respostas de alguns alunos para a tarefa t_1 : a eletrosfera do átomo é constituída de camadas (níveis de energia):

Aluno (a) “sim, os elétrons são distribuídos em camadas ao redor do núcleo”;

Aluno (b) “sim, na eletrosfera encontramos camadas mais e menos energéticas”;

Aluno (c) “tem a camada mais energética e a menos energética na eletrosfera”;

Aluno (d) “sim, a eletrosfera é constituída por camadas de valência, tendo os elétrons na sua estrutura”;

De uma forma geral, todos os alunos responderam que a eletrosfera do átomo é constituído de camadas (níveis de energia), alguns foram além do questionamento da tarefa quando indicam camadas com mais e menos energéticas, corroborando a hipóteses levantadas de que a interdisciplinaridade aprimora significativamente o processo de melhoria do aprendizado.

Respostas de alguns alunos para a tarefa t_2 : quais são elementos presentes no núcleo e na eletrosfera do átomo. De uma maneira geral os alunos responderam que: “no núcleo, está presente os prótons e os nêutrons, enquanto na eletrosfera encontram-se os elétrons”.

Respostas de alguns alunos para a tarefa $t_{2.1}$: como o elétron passa de uma camada menos energética para uma camada mais energética. De uma forma geral os alunos responderam que: Aluno (a) “recebendo energia, assim o elétron passa de uma camada menos energética para uma mais energética”.

Aluno (b) “quando ele sai de uma camada menos energética para uma camada mais energética, ele vai para um nível mais externo, logo fica em um estado excitado e quando volta ao estado normal libera o fóton”.

Respostas para a tarefa $t_{2.2}$: qual a condição para que o elétron emita o fóton. De uma forma geral os alunos responderam que:

Aluno (a) “e o contrário, quando ele sai de uma camada mais energética para uma menos energética, emitindo assim o fóton”

Aluno (b) “quando o elétron fica com alta energia na qual ele se encontra e precisa estabilizar. Para voltar para sua camada original, ele precisa liberar a energia extra que é o fóton”.

De uma forma geral, os alunos responderam que a eletrosfera do átomo é constituído de camadas (níveis de energia), alguns foram além do questionamento da tarefa quando incluíram nas respostas as camadas com mais e menos energéticas, confirmando a hipóteses levantadas de que a interdisciplinaridade aprimora o processo de melhoria do aprendizado.

Dentre as respostas dos alunos, identificamos 3, onde o percurso de estudo e pesquisa prevê os erros e obstáculos das variáveis didáticas.

Para a tarefa $t_{2.1}$: como o elétron passa de uma camada menos energética para uma camada mais energética.

Aluno (a) “quando o elétron perde próton”, esta resposta está incoerente visto que o elétron não perde próton e sim perde energia.

Aluno (b) “por meio de distribuição eletrônica”, a distribuição eletrônica é uma conceito muito amplo, tornando a sem coerência.

Aluno (c) “tendo um aumento energético causando a transferência de camadas”, não ocorre transferência de camadas e sim por absorção de energia.

2.4 Quarta Fase: Análise a Posteriori e Validação (resultados)

O ponto de partida adotado nessa fase, foi o levantamento de alguns pontos julgados pertinentes para nortear a confrontação entre a análise *a priori* e a *posteriori*. Inicialmente, foi identificado o problema na análise preliminar que foram os erros conceituais relacionados ao conceito de átomo. Em seguida foi proposta, como forma de solucionar o problema identificado, uma sequência de aulas contendo 11 slides, que contemplassem de forma científica os conceitos do ensino de química tendo como tema norteador o eixo interdisciplinar com o ensino da Astronomia.

Na etapa da experimentação pôde-se constatar que durante a explanação das aulas, uns alunos se mostraram interessados, o que originou em alguns questionamentos sobre os temas abordados. Na ilustração do fenômeno da Aurora, em função da emissão de fótons devido à fluorescência, a maioria dos alunos demonstrou entendimento observado pela análise das respostas apresentadas, onde continham elementos de emissão de fótons. De um modo geral, a avaliação da experimentação do dispositivo do percurso da engenharia didática nos revelou que a proposta de uma aula voltada para temas interdisciplinares é de grande relevância.

A avaliação positiva foi evidenciada pela participação dos educandos nas atividades propostas, onde eles demonstraram interesse, participação, promovendo um ambiente de dinamismo, seriedade e desenvolvimento cognitivo de aprendizagem.

Portanto, tomando como base este trabalho, é sempre importante se estar atento às dificuldades enfrentadas pelos alunos e proporcionar meios favoráveis que viabilizem a construção do conhecimento. Também, os educadores devem dar importância e considerar a bagagem extraescolar que eles trazem consigo. Além disso, dar ênfase ao método de resolução de problemas favorece o espírito criativo, inovador e independente dos alunos, podendo contribuir favoravelmente no processo de ensino-aprendizagem.

CAPÍTULO III

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento das sequências didáticas descritas na dissertação, foi possível abordar conceitos de Química ligados a temas de Astronomia, tendo como percurso metodológico a engenharia didática.

A interdisciplinaridade através da conexão entre conceitos advindos da Química e Astronomia foi o alicerce para a construção do trabalho. Em razão das dificuldades conceituais em química e física, apresentadas pelos, propusemos um produto educacional na modalidade “sequência didática”. Esse dispositivo foi baseado na metodologia de estudo e pesquisa da Engenharia Didática na qual se inseriu um Percurso de estudo e pesquisa voltados para o ensino tendo como objetivo o aluno relacionar conceitos de átomo, auroras planetárias e os fenômenos luminosos associados.

As hipóteses levantadas na análise a priori se confirmaram. Isso pôde ser evidenciado a partir da evolução das respostas dos alunos. Eles conseguiram estabelecer nexos entre os conhecimentos astronômicos adquiridos ao longo do PEP e as características do modelo de Bohr.

A importância de atividades como as propostas aqui – na modalidade de experimento e sequências didáticas, enfatizou o caráter observacional com integrante necessário à aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, se buscou evidenciar a compreensão dos mesmos sobre o objeto de estudo, suas formas de atuação em classe e, especialmente, a significação dos conceitos científicos.

Ao longo do PEP foi observado que o aprendizado ficou mais próximo do ensino do objeto. Isso foi evidenciado a partir da evolução de seus conceitos particulares na execução das tarefas. Para isso, eles mobilizaram os conhecimentos prévios e aprenderam novos conhecimentos. A análise comparativa entre as respostas dadas na análise prévia e pela confrontação entre as análises a priori e a posteriori nos forneceu essas evidências.

As situações didáticas proporcionadas a partir da combinação de recursos como o livro didático criticamente analisado, da sequência didática articulando astronomia e química, e da análise praxeológica das tarefas proposta pôde-se desenvolver um PEP capaz de modelar o ensino do objeto estrutura da matéria no Nível Médio. A modelagem daí resultante permitiu dar um status científico às conclusões deste estudo, onde ensino e pesquisa em didática dialogaram em conformidade com os fundamentos teórico-metodológicos da Engenharia Didática.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. **Bohr: o arquiteto do átomo**. 2. ed. São Paulo: Odysseus, 2006.
- ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: UNESP, 2006.
- ALMOULOUD, S. A. **Fundamentos da didática da matemática**. Editora UFPR, Curitiba, 2007.
- ALMOULOUD, S. A.. **Problemática da construção de situações-problema: análise dos processos de construção e de experimentação**. Disciplina: Matemática Fundamental II. Artigo da Área Prêmio Educador 2014.
- ALMOULOUD, S. A. **Teoria do Antropológico do Didático: metodologia de análise de materiais didáticos**. UNION. Revista Iberoamericana de educação matemática. ISSN: 1815-06-40. Número 42. Novembro 2015.
- ARRUDA, A. M. **Os conceitos de erro, obstáculos e contrato didático segundo Guy Brousseau**. 1º Encontro nacional do Pibid de Matemática - 2012.
- ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. Recherches en Didactique des Mathématiques. **Grenoble: La Pensée Sauvage-Éditions**, v. 9.3, p. 281-308, 1998.
- BARBOSA, G. S. **Teoria das situações didáticas e suas influências na sala de aula. Educação Matemática na contemporaneidade: desafios e possibilidades**. São Paulo – SP. 2016.
- BARBOSA, G. A. S. **A Contribuição da SD no desenvolvimento da leitura e da escrita no ensino médio: Análise dos materiais didáticos “Sequencia Didática artigo de opinião e pontos de vista**. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente – SP . 2011
- BARQUERO, B; BOSCH, M; GASCÓN, J. *Ecología de lamodelización matemática: los recorridos de estudio e investigación*. In: Bosch M. [Et Al]; Barcelona, 2011. Disponível em: < <http://www.atd-tad.org/wp-content/uploads/2012/05/BarqueroBoschGascon-CITAD-III-2011.pdf> >. Acesso em: 10 jul. 2017.
- BERENGUER, M. I. **Esta fase está voltada para o tratamento das informações adquiridas por consequência da aplicação da sequência didática na fase da experimentação**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/t205982.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.
- BESSOT, A. Importance de la notion de situation en Didactique des Mathématiques. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)**. v. 7. P. 407-423. Número Temático, 2014.
- BHARDWAJ A. & GLADSTONE R. **Auroras on Saturn, Uranus and Neptune**. Advances in Space Research , Vol. 26 , No. 10 , 1551 - 1558 (2000). Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Anil_Bhardwaj/publication/222629060_Auroras_on_Saturn_Uranus_and_Neptune/links/59f4158ba6fdcc075ec35c5d/Auroras-on-Saturn-Uranus-and-Neptune.pdf. Acesso em: novembro de 2017.

BRAIN, D. A. **On the origin of aurorae on Mars**. Received 27 September 2005; revised 4 November 2005; accepted 18 November 2005; published 5 January 2006. *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, L01201, doi:10.1029/2005GL024782, 2006.

Disponível em:

<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/95268/grl20829.pdf;sequence=>
Acesso em: outubro de 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio, v2**. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Ensino Básico. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2000.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) -Parte III - **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**: Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. **Resolução CEB nº 3, de 26 de junho de 1998**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Disponível em: < <http://www.seduc.ro.gov.br/portal>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, 2008.

BROUSSEAU, G. Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática. In: BRUN, J. *Didática das Matemáticas*. Tradução de: Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996a. Cap. 1. p. 35-113.

BROUSSEAU, G. Fondements et Méthodes de la Didactique des Mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v.7. n. 2, p. 33-115, 1986.

CAMPIOTO, G. M. **Horta Didática: Uma abordagem interdisciplinar**. Viçosa, 2015.

Disponível em:

http://www.deq.ufv.br/arquivos_internos/monografias/Monografia+Licenciatura++Gabriela.pdf. Acesso em 20 jun. 2017.

CARVALHO, E. F. **A integração de uma proposta de criação e resolução de problemas matemáticos na prática de professores do 6º ano**. Dissertação de mestrado. UFBA. 2015

- CAVALHEIRO, C. A. **Espectro Visível**. INFOESCOLA, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-visivel/>>. Acesso em: 08 jul. 2017.
- CHAVES, A. **Raios cósmicos**. Observatório da Piedade Outubro – UFMG. 2010. Disponível em : <http://alaorchaves.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Raios-C%C3%B3smicos.pdf> Acesso em: 20 jun. 2017.
- CHEVALLARD, Y. Organiser l'étude. 1. Structures & Fonctions. Actes de la 11^e École d'Été de Didactique des Mathématiques. France: **La Pensée Sauvage**. 1989. Versão eletrônica.
- CORREIA, C. F. T. **O Campo Magnético da Terra**. João Pessoa, 2007. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~pet/Monografias/O%20Campo%20Magn%C3%A9tico%20da%20Terra%20-%20Caio%20Correia.pdf>> Acesso em: 08 jun. 2017
- COSTA E. Jr., SIMÕES, F.J.R, CARDOSO, F.R., ALVES, M.V. **O vento solar e a** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n4/01.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2017.
- COWEN, R. **Magnetic storms spotted on Venus**. Nature News International Weekly Journal of Science. 2012. Disponível em: <https://www.nature.com/news/magnetic-storms-spotted-on-venus-1.10397>. Acesso em: novembro de 2017.
- DANTAS, G. C. da S. "Aurora Polar"; Brasil Escola. Disponível <<http://brasilecola.uol.com.br/curiosidades/aurora-polar.htm>>. Acesso em 14 de agosto de 2017.
- DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. **Seqüências didáticas para o oral e a escrita**. [Tradução e organização: Roxane Rojo e Glaís Sales Cordeiro]. Campinas-SP: Mercado de Letras, 2004.
- DOTTORI, H.A. **Ensinando ciências através da astronomia: recursos didáticos e capacitação de professores**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- DOUADY, R. L'ingénierie didactique: **un moyen pour l'enseignant d'organiser les rapports entre l'enseignement et l'apprentissage**. Cahier DIDIREM Université de Paris VII, 1993. v.191.
- EL PAIS. **NASA flagra aurora boreal em um dos polos de Júpiter**. Disponível em:https://brasil.elpais.com/brasil/2016/07/01/ciencia/1467368511_778416.html. Acesso em: 13 ago. 2017.
- ECHER, E. **Magnetosferas planetárias**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 32, n. 2, p. 1-7, Junho, 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172010000200001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- FARIA, C. **Aurora Polar**. INFOESCOLA, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fenomenos-opticos/aurora-polar-boreal-austral/>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

FIGUEIREDO, W. G. **Limitações da analogia entre sistemas planetários e modelos atômicos**. 2008. 124 p. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FONSECA, M. R. **Química 1**. 1ª ed. – ed Ática, São Paulo, 2014.

FURTADO, T. S. M. **As Teorias Atômicas (da antiguidade ao modelo atômico actual)**. Trabalho Científico Apresentado ao ISE para a Obtenção do grau de Bacharel em Físico-Química. 2007. Disponível em: <http://www.portaldoconhecimento.gov.br/handle/10961/1727> Acesso em 22 mai. 2017

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. **Astronomia na sala de aula: por quê?** Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n.9, p. 7-15, 2010. Disponível em: <<http://novaescola.org.br/fundamental-1/contexto-contextualizacao-processos-ensino-aprendizagem-matematica-784403.shtml> > Acesso: 12 mai. 2017.

GIL-PÉREZ, D. **Orientações didáticas a formação continuada de professores de Ciências**. In: MENEZES, L.C. (org.). Formação continuada de professores de Ciências – no âmbito iberoamericano. Campinas: Ed. Associados, 1991.

GREGORIO-HETEN, J. JATENCO-PEREIRA, Vera; **Fundamentos de Astronomia**. Cap. 4. 2015. Disponível em: < <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap04.pdf>.> Acesso: 08 jul. 2017.

JONES, H S. The Atmospheres of the Planets. Nature, No 3606. 1938. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/1421019a0.pdf>. Acesso em: novembro de 2017.

JUNIOR, J. V. N. **Considerações a cerca do princípio da conservação da energia a partir da dimensão epistemológica segundo a teoria Antropológico do Didático**. Salvador. 2016.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. Tradução Beatriz Vianna Boeira et al. São Paulo: Perspectiva, 2006.

LANGHI, R. **Educação em Astronomia: Repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.

OLIVEIRA, R. P. A. **Desenvolvimento de Sequências Didáticas interdisciplinares com professores do Ensino Médio da rede pública do Estado do Pernambuco : Perspectivas e Desafios** - Cadernos de Graduação - Ciências Humanas e Sociais Facipe | Recife | v. 1 | n.1 ISSN ELETRÔNICO 2318-129X - Agosto de 2013

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**. Tradução Henrique Eisi Toma et al. 4 edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

MARQUES, G. C. **As Partículas Elementares e Alguns Fenômenos Naturais**. Do Que Tudo é Feito? - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010.

MARTINS, J. B. **A história do átomo: de Demócrito aos quarks.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001.

MARTINS, L. M. **O desenvolvimento do psiquismo e a educação escolar: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica.** Campinas: Autores Associados, 2013.

MOORE, M.G. **Contribuições recentes para a teoria da educação à distância.** V.5, p.10 - 15, 1990.

MOULY, GEORGE, J. **Psicologia da Educacional. 3ª. Ed. São Paulo. 1970.**

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Fonte: <https://mars.nasa.gov/> Acesso em: 07 de fev. 2018.

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em : <https://www.nasa.gov/jupiter> Acesso em: 07 de fev. 2018

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em: <https://www.nasa.gov/subject/3157/neptune/> Acesso em: 07 de fev. 2018

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em: <https://www.nasa.gov/saturn> Acesso em: 07 de fev. 2018

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em: <https://www.nasa.gov/uranus> Acesso em: 07 de fev. 2018

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em: <https://www.nasa.gov/venus> Acesso em: 07 de fev. 2018

NASA - National Aeronautics and Space Administration Disponível em: <https://www.nasa.gov/subject/3157/neptune/> Acesso em: 07 de fev. 2018

National Institutes of Natural Sciences. **"Jupiter: Atmosphere and aurora in unprecedented detail."** ScienceDaily. ScienceDaily, 3 July 2017. <www.sciencedaily.com/releases/2017/07/170703083231.htm>. Acesso em 12 ago. 2017.

NERY, A.L. P.2004, **Fluorescência e estrutura atômica.** Química Nova na Escola. Maio, 2004. n° 19, pag. 40. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>> . Acesso em: 01 mai. 2017.

NEW SCIENTIST. **Massive stunning aurora glows over Jupiter's north pole.** 2016. Disponível em: <https://www.newscientist.com/article/2095578-massive-stunning-aurora-glows-over-jupiters-north-pole/> Acesso em: 12 ago. 2017

NISENBAUN, M. A. **Estrutura Atômica.** Puc-Rio.2007. Disponível em http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_estrutura_atomica.pdf Acesso em 22 out . 2017

NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L. **As provas de Química e de Biologia do Vestibular da UFRN: estudo de erros e dificuldades de aprendizagem.** Natal: EDUFRN, 2012.

O ARQUIVO. **Aurora Polar.** 2017. Disponível em:
<http://www.oarquivo.com.br/variedades/curiosidades/3007-aurora-polar.html>. Acesso em: 14 ago. 2017.

PILLING, S. **Astrobiologia.** AULA 12 - A Química de Atmosferas Planetares/Lunares. São Jose dos Campos, 2012. Disponível em: <
http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Atmosfera/Composio_Atmosfera.html>. Acesso em: 07 jul. 2017.

POMMER, W. M. **A Engenharia Didática em sala de aula e elementos básicos e uma ilustração envolvendo as Equações Diofantinas Lineares.** São Paulo – 2013.

POMMER, W. M.; POMMER, C. P. C. R.. Contrato Didático na sala de aula de matemática. **Atas do V Seminário de Educação Matemática de Nova Andradina,** Universidade Estadual De Mato Grosso Do Sul, 2013. Disponível em:
www.revistas.udesc.br/index.php/colbeduca/article/download/8436/6109. Acesso em: 07 mai. 2017.

QUEIROZ, S. M. **A transposição didática em Chevallard: as deformações e transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula.** 2013.

QUIMICOESTUDANTE. **Pulseiras de Neon.** Disponível em:
<<http://quimicoestudante.blogspot.com.br/2013/09/pulseiras-de-neon.html> >. Acesso em 28 jul. 2017.

RIBEIRO, C. C. **Avaliação e identificação da toxicidade aguda e crônica do *light-stick*, Sinalizador utilizado em pesca de espinhel, Através de ensaios com diferentes Organismos marinhos.** Disponível em:
<http://www.globalgarbage.org/monografia_caio_cesar_ribeiro.pdf >. Acesso em 27 jul. 2017.

ROSSINI, R. **A contribuição da teoria Antropológico do Didático para a análise de livros didáticos de matemática.** PUC-SP. 2012

RUSSEL, J. B. **Química Geral.** Tradução Divo Leonardo Sanioto et al. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1994.

SANTOS, A. O. & Silva R. P. **Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química).** UFS, São Cristóvão-SE, Brasil. 2013

SANTOS, T. J. NETUNO O PLANETA AZUL. 2000. Disponível em:
<http://www.observatorio.ufmg.br/pas28.htm>. Acesso em: 13 ago. 2017.

SILVA, G. S. **A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem.** Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS, Brasil. 2013.

Disponível em: < <http://w3.ufsm.br/ppgecv/Docs/Dissertacoes/GIOVANNA.pdf> > . Acesso em: 12 jun. 2017.

SILVA, I. F. **Espectroscopia de fotoluminescência. IE 607 A – Medidas de Caracterização e Análise de Materiais**, 2000. Disponível em: www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/Pl.pdf Acesso em: 07 jun. 2017

SILVA, A. S.; JUNIOR, J. V. N. **Ensino com pesquisa no nível superior: um relato de experiência num curso de química**. [Debates em educação. ISSN _ 217-6600, Maceió, v.g.n.17, 2017]. Disponível em: <http://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/viewFile/2165/2392> Acesso em: 07 jun. 2017

SOUZA J. Francisco Souto; NUNES, Albino Oliveira; GONDIM, Jussara Aparecida de Melo; HUSSEIN, Fabiana Roberta Gonçalves e Silva Hussein. **Reações Químicas: erros conceituais e mapas conceituais à nível de ensino superior**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0694-2.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

STALLARD, T. **Jovian-like aurorae on Saturn**. *Nature* **453**, 1083-1085 (19 June 2008) | doi:10.1038/nature07077; Received 4 December 2007; Accepted 29 April 2008. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v453/n7198/full/nature07077.html> Acesso em: 30/10/2017

STEVANI, C. V.; BAADER, W. J. **O sistema quimiluminescente peróxi-oxalato**. *Quím. Nova* [online]. 1999, vol.22, n.5, pp.715-723. ISSN 0100-4042. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40421999000500015> >. Acesso em: 28 jul. 2017.

TERRA. **Detectada em Saturno a maior aurora boreal do Sistema Solar**. 2009. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/detectada-em-saturno-a-maior-aurora-boreal-do-sistema-solar,122884bb948ea310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Acesso em: 12 ago. 2017.

UEHARA, F. M. G. **Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na compreensão de Reação Química como um sistema complexo**. Águas de Lindoia, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0467-1.pdf>> Acesso em: 26 jul. 2017.

UEHARA, F. M. G. **Refletindo dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino médio no estudo do equilíbrio químico**. Natal, 2005. Disponível em: < <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/16122/1/FabiaMGU.pdf> > Acesso em: 26 jul. 2017.

VERAS, R. S. **A afetividade na relação professor-aluno e suas implicações na aprendizagem, em contexto universitário**. Curitiba, 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602010000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: julho de 2017.

WAITE, J. H., An Auroral Flare at Jupiter. *Nature* **410**, 787-789 (12 April 2001) | doi:10.1038/35071018; Received 4 October 2000; Accepted 1 March 2001. Disponível em:

<http://www.nature.com/nature/journal/v410/n6830/full/410787a0.html>. Acesso em novembro de 2017.

WEBEXHIBITS. *Collors of the Aurora*. . Disponível em:
<<http://www.webexhibits.org/causesofcolor/4D.html> >. Acesso em: 09 jul. 2017.

APÊNDICE 1 – QUESTÃO PRELIMINAR

1º QUESTIONÁRIO

COLÉGIO MODELO LUIZ EDUARDO MAGALHÃES
FEIRA DE SANTANA – BAHIA
2017

ALUNO: _____ (1º NOME)

TURMA: 2ª SÉRIE

O QUE É ÁTOMO?

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

2º QUESTIONÁRIO

COLÉGIO MODELO LUIZ EDUARDO MAGALHÃES
FEIRA DE SANTANA – BAHIA
2017

ALUNO: _____ (1º NOME)

O QUE É ÁTOMO?

DÊ UM EXEMPLO DE UM FENÔMENO QUE OCORRA NA NATUREZA ENVOLVENDO A ASTRONOMIA CONSIDERANDO AS RESPOSTAS ACIMA DOS CONTEÚDOS DE QUÍMICA. UTILIZE DE ESQUEMAS, MODELOS PARA ILUSTRAR SUA RESPOSTA.

R =

APÊNDICE 3 – SLIDE I




Evolução dos Modelos Atômicos

1. A matéria **NÃO** pode ser dividida infinitamente. Demócrito e a ideia de Átomo
2. A matéria tem um limite com as características do todo.
3. Este limite seriam partículas bastante pequenas que não poderiam mais ser divididas, os **ÁTOMOS INDIVISÍVEIS**.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PÉRIA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

Demócrito (470-360 a.C.)



Imagem: Giuseppe Antonio Petri / Disponibilizado por web.madridtel.es / Laughing Democritus, c. 1750 / National Museum in Wrocław / domínio público

Leucipo (séc. V a.C.)



Imagem: autor desconhecido / domínio público.

APÊNDICE 4 – SLIDE II




Postulados de Bohr

1. A **ELETROSFERA** está dividida em **CAMADAS** ou **NÍVEIS DE ENERGIA** (K, L, M, N, O, P e Q), e os elétrons nessas camadas, apresentam energia constante.
2. Em sua camada de origem (camada estacionária), a energia é constante, mas o elétron pode saltar para uma camada mais externa, sendo que, para tal, é necessário que ele ganhe energia externa.
3. Um elétron que saltou para uma camada de maior energia fica instável e tende a voltar a sua camada de origem. Nesta volta, ele devolve a mesma quantidade de energia que havia ganhado para o salto e emite um **FÓTON DE LUZ**.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PÉRIA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

Imagem: hinkel / GNU Free Documentation License.

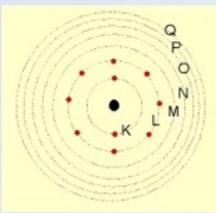
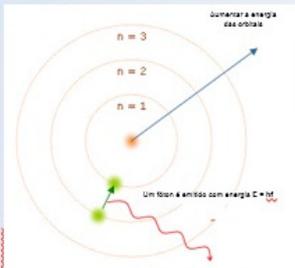


Imagem: Filaf / GNU Free Documentation License.



APÊNDICE 5 – SLIDE III



Número de Massa (A)

É a SOMA do número de PRÓTONS (p), ou NÚMERO ATÔMICO (z), e o número de NÊUTRONS (n).

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

$$A = p + n$$

ou

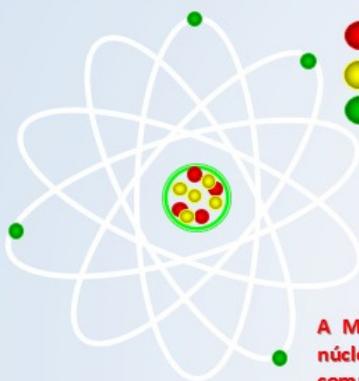
$$A = z + n$$

No nosso exemplo, temos:
p = 4 e n = 5. Então:

$$A = p + n \Rightarrow A = 4 + 5$$

Logo: $A = 9$

A Massa atômica está praticamente toda concentrada no núcleo, visto que a massa do elétron é desprezível se comparada com a do próton ou a do nêutron.



- *Próton*
- *Nêutron*
- *Elétron*



APÊNDICE 6 – SLIDE IV



Íons

Elementos químicos que possuem números diferentes de prótons e elétrons, perderam ou ganharam elétrons, gerando uma diferença de cargas.

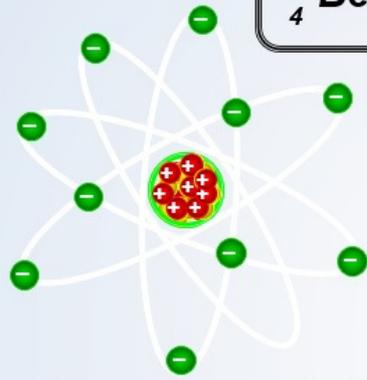
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

$$\begin{matrix} 8 & 2+ \\ & \text{Be} \\ 4 & \end{matrix}$$

íon CÁTION – PERDEU dois elétrons – ficou POSITIVO

$$\begin{matrix} 16 & 2- \\ & \text{O} \\ 8 & \end{matrix}$$

íon ÂNION – GANHOU dois elétrons – ficou NEGATIVO



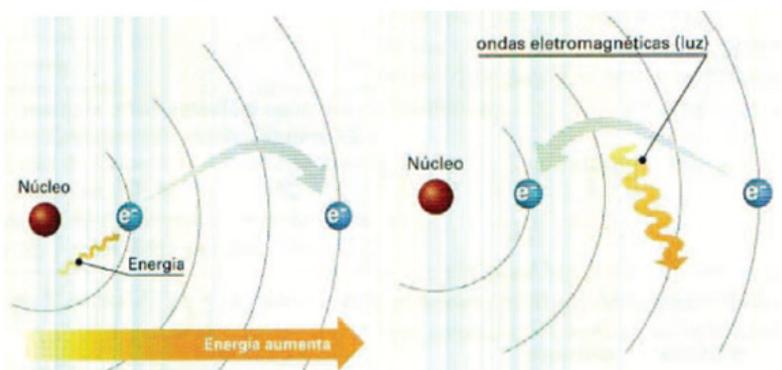
- + *Próton*
- *Nêutron*
- *Elétron*



APÊNDICE 7 – SLIDE V



Absorção e Emissão Atômica



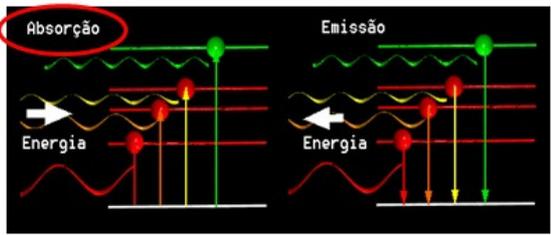
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



APÊNDICE 8 – SLIDE VI



Absorção e Emissão Atômica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



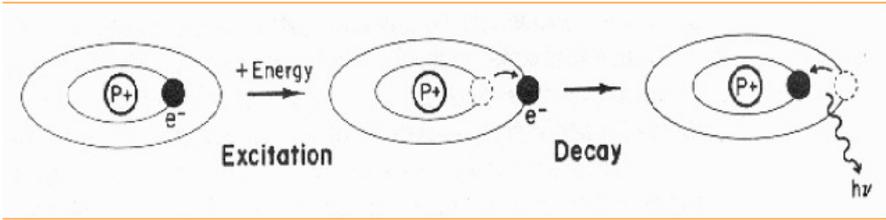
APÊNDICE 9 – SLIDE VII



Princípio

❖ O processo de emissão atômica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL



- Energia \Rightarrow absorção de luz, aquecimento ou colisão com outra partícula

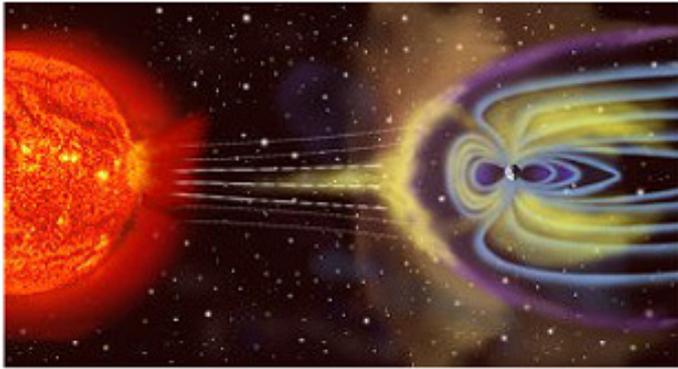


APÊNDICE 10 – SLIDE VIII



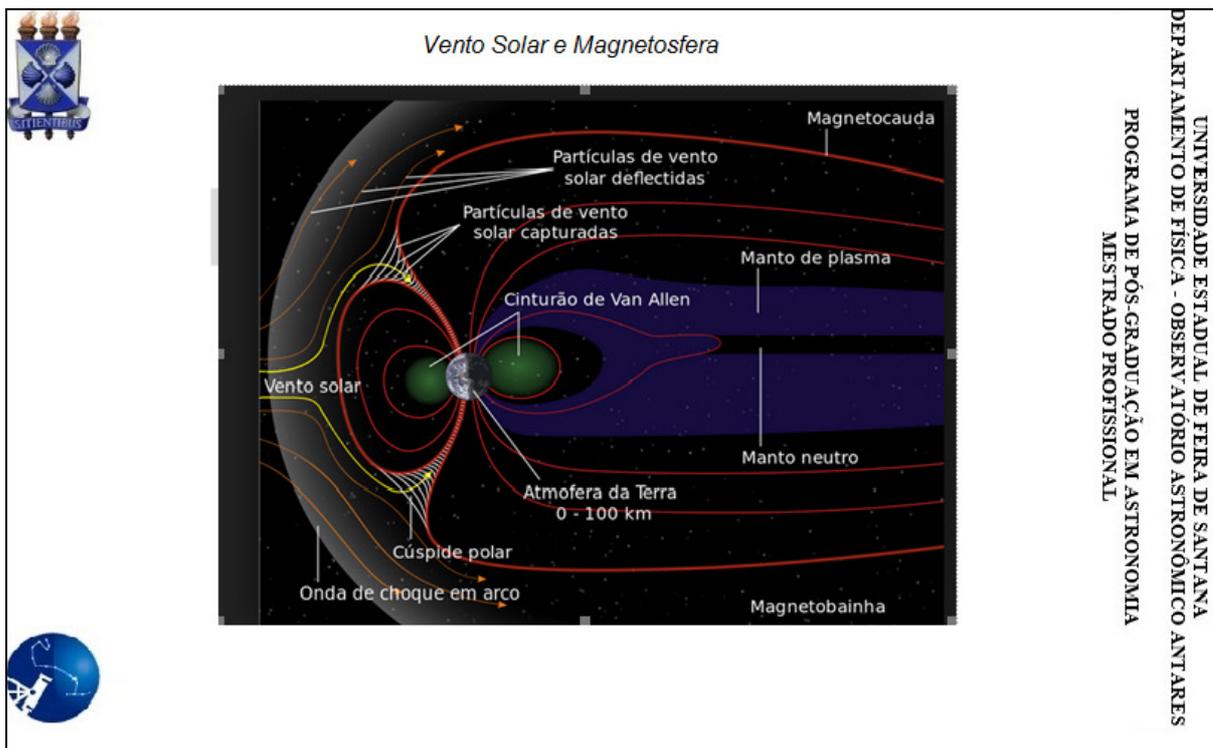
Esquema do Vento Solar

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL





APÊNDICE 11 – SLIDE IX



APÊNDICE 12 – SLIDE X

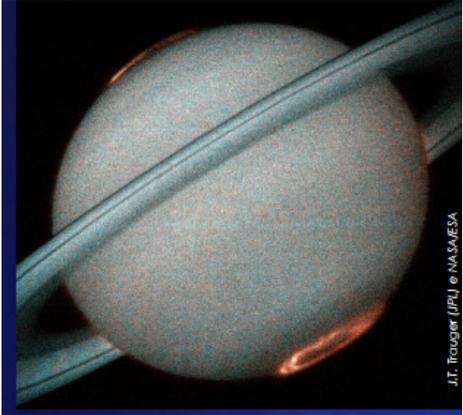
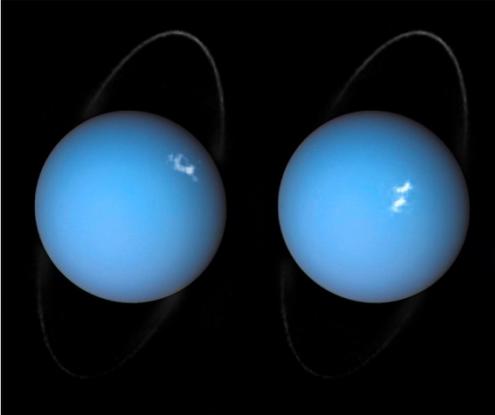
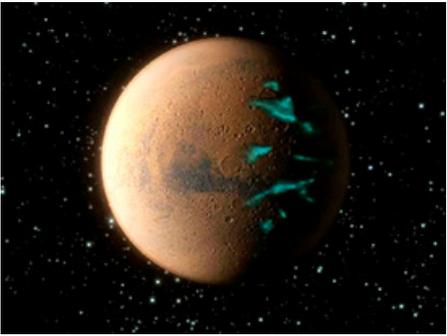
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

A **aurora polar** é um fenômeno composto de um brilho observado nos céus noturnos nas regiões polares, em decorrência do impacto de partículas de vento solar com a alta atmosfera da Terra, canalizadas pelo campo magnético terrestre. Em latitudes do hemisfério norte é conhecida como **aurora boreal** (nome batizado por Galileu Galilei em 1619, em referência à deusa romana do amanhecer, Aurora, e Bóreas, deus grego, representante dos ventos nortes). Ocorre normalmente nas épocas de setembro a outubro e de março a abril. Em latitudes do hemisfério sul é conhecida como **aurora austral**.

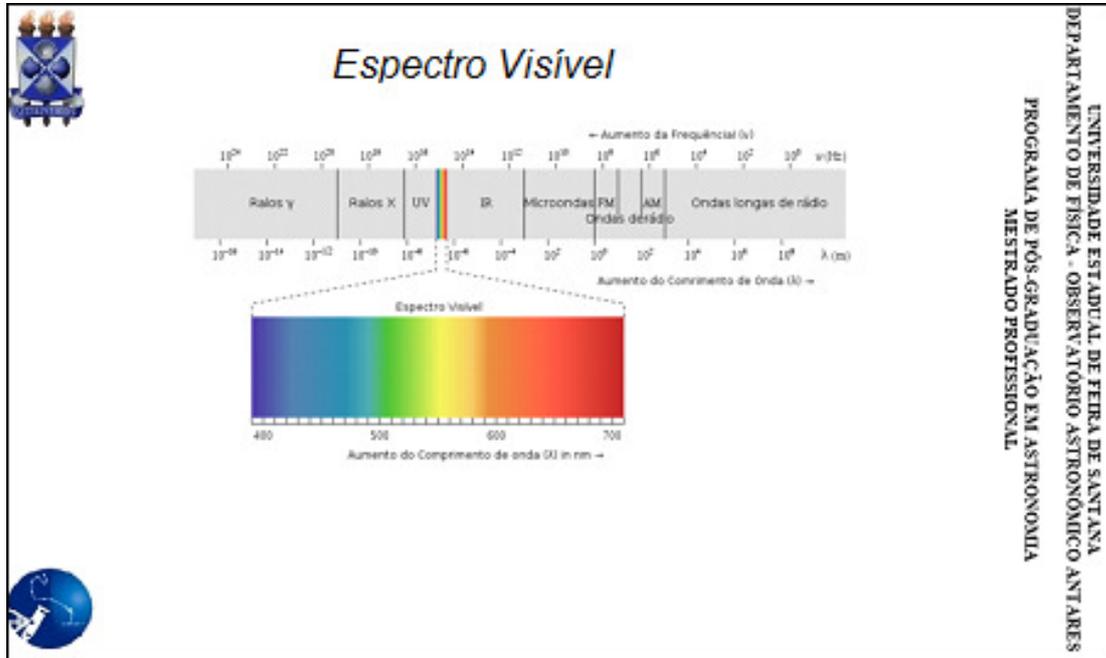
https://pt.wikipedia.org/wiki/Aurora_polar

APÊNDICE 13 – SLIDE XI

Auroras

	<p>UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA DEPARTAMENTO DE FÍSICA - OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO ANTARES</p> <p>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA MESTRADO PROFISSIONAL</p> 
 <p>Imagem Aurora planeta Saturno Fonte: TERRA (2009)</p>	 <p>Imagem da Aurora no planeta Urano Fonte: TERRA (2009)</p>
 <p>Imagem da Aurora no planeta Marte</p>	 <p>Foto da Aurora Polar Fonte: FARIA, 2017</p>

APÊNDICE 14 – SLIDE XII



APÊNDICE 15 – PLANO DE AULA 1 – MODELO DA MATÉRIA

	Plano de Aula 1 – Modelo da Matéria
Título	Modelo da Matéria
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Relatar sobre a primeira ideia do átomo feita por Demócrito (breve histórico). • Conceituamos que a matéria não pode ser dividida infinitamente. • Elementos do Átomo (Eletrosfera e os níveis de energia) • Elemento do Átomo (salto quântico do elétron) • Elementos do Átomo (prótons, nêutrons e massa atômica) • Elementos do Átomo (ionização do átomo, cátions e ânions)
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar aula em power point
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Lousa • Data show
Avaliação	Participação das atividades Envolvimento das atividades Respostas construídas pelos alunos

**APÊNDICE 16 – PLANO DE AULA 2 – EMISSÃO E
ABSORÇÃO DE ENERGIA**

	Plano de Aula 2 – Emissão e Absorção de energia
Título	Emissão e absorção de energia – emissão de fóton
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos do Átomo (Absorção e Emissão de energia) • Elementos do Átomo (emissão de fóton) • Camada de valência mais energética e menos energética • Modelo de emissão de fótons • Ionização do átomo
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar aula em power point
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Lousa • Data show
Avaliação	Participação das atividades Envolvimento das atividades Respostas construídas pelos alunos

**APÊNDICE 17 – PLANO DE AULA 3 – CONCEITO DE VENTO SOLAR,
MAGNETISMO TERRESTRE**

Plano de Aula 3 – Conceito de Vento solar, Magnetismo Terrestre.	
Título	Conceito de Vento solar, Magnetismo Terrestre.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Conceito de Vento solar de que é a emissão de partículas provenientes do Sol. • Partículas do Vento solar: prótons, elétrons e subpartículas atômicas. • Formação das cores na Aurora polar. • O fenômeno não é exclusivo somente da Terra, sendo observado em outros planetas como Júpiter, Saturno, Marte e Vênus)
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar aula em power point • Leitura dirigida do texto dirigido
Tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Lousa • Data show
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Participação das atividades • Envolvimento das atividades • Respostas construídas pelos alunos

**APÊNDICE 18 – PLANO DE AULA 4 – NOÇÕES DE RADIAÇÃO
ELETROMAGNÉTICA E FLUORESCÊNCIA**

	Plano de Aula 4 – Noções de Radiação Eletromagnética e Fluorescência
Título	Noções de Radiação Eletromagnética e Fluorescência
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Influência da radiação eletromagnética do Sol na formação da Aurora Polar. • Influência do campo magnético da Terra na formação da Aurora Polar. • Emissão de fótons nas Auroras Polar. Fluorescência.
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar aula em power point • Leitura dirigida do texto dirigido
Tempo	Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Louça • Data show
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Participação das atividades • Envolvimento das atividades • Respostas construídas pelos alunos

APÊNDICE 19 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO DO AZUL DA PRÚSSIA

Roteiro do Experimento	
Título	Formação do Azul da Prússia a partir da radiação ultravioleta proveniente do Sol
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Formar a imagem de um objeto utilizando reagentes previamente preparados
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o experimento no pátio da escola onde possui radiação direta do Sol • Estudo dirigido das reações que ocorrem na formação do Azul da Prússia
Tempo	Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Reagentes • Números de borracha
Preparação Reagentes	<ol style="list-style-type: none"> 1- Preparar a solução de Nitrato de Ferro III e colocá-la em um frasco opaco (pesar 2 gramas para 100 ml de água mineral). 2- Preparar a solução de Ferricianato de potássio e colocá-la em um frasco opaco (pesar 2 gramas para 100 ml de água mineral). 3- Preparar a solução de Oxalato de Sódio e colocá-la em um frasco opaco (pesar 2 gramas para 100 ml de água mineral). 4- Colocar três papéis filtro, umedecê-los e escoá-los por 1 minuto. 5- Colocar as figuras sobre o filtro e expô-las à luz do sol por 3 minutos. Enxaguá-las com água por 2 minutos e deixar secar na sombra por 10 minutos.
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Participação das atividades • Envolvimento das atividades • Respostas construídas pelos alunos
Resultados	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Antes</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Depois</p> </div> </div>

APÊNDICE 20 – ROTEIRO DO EXPERIMENTO DA QUIMIOLUMINESCÊNCIA

Roteiro do Experimento	
Título	Formação da fluorescência a partir da radiação ultravioleta utilizando o corante fluoresceína
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Formar a fluorescência a partir da radiação ultravioleta usando o corante fluoresceína.
Estratégias	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrar o experimento na sala de aula com as lâmpadas da sala apagadas. • Estudo dirigido da formação da fluorescência, utilizando da absorção e emissão de energia.
Tempo	Uma aula de 50 minutos
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Reagentes • Lâmpada negra.
Preparação Reagentes	<p>6- Ligar a caixa contendo a fonte ultravioleta. (ver procedimento construção 1)</p> <p>7- Apagar a luz do ambiente.</p> <p>8- Colocar o copo contendo a solução (100 ml água, 2 gramas de hidróxido de amônio e alguns cristais do corante fluorescente fluoresceína) no compartimento da caixa.</p> <p>9- Visualizar a formação da cor.</p>
Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Participação das atividades • Envolvimento das atividades • Respostas construídas pelos alunos
Construção da Caixa U V	<p>1-Procedimento montagem da fonte ultravioleta</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
Resultados	<div style="text-align: center;">  <p>Formação da Fluorescência</p> </div>