



Universidade Norte do Paraná

UNOPAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU MESTRADO
EM METODOLOGIAS PARA O ENSINO DE LINGUAGENS E SUAS
TECNOLOGIAS

VAGNES GONÇALVES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE UEPS NA CONSTRUÇÃO DO CONTEÚDO
“ESTRUTURA DA MATÉRIA” POR ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO**

Londrina
2016

VAGNES GONÇALVES DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE UEPS NA CONSTRUÇÃO DO CONTEÚDO
“ESTRUTURA DA MATÉRIA” POR ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO**

Dissertação apresentada à UNOPAR, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias.

Orientadora: Prof^a Dr^a Andreia de Freitas Zompero

Londrina
2016

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA,
DESDE QUE CITADA A FONTE.**

**Dados Internacionais de catalogação-na-publicação
Universidade Norte do Paraná
Biblioteca Central
Setor de Tratamento da Informação**

S584u Silva, Vagnes Gonçalves da.
Utilização de UEPS na construção do conteúdo “estrutura da matéria” por alunos do ensino médio / Vagnes Gonçalves da Silva. Londrina: [s.n], 2016
99f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias). Universidade Norte do Paraná.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andreia de Freitas Zompero

1 - Ensino - dissertação de mestrado - UNOPAR 2- Aprendizagem significativa 3- Estrutura da matéria 4- UEPS - I Zompero, Andreia de Freitas; orient. II- Universidade Norte do Paraná.

CDU 37.015.3

VAGNES GONÇALVES DA SILVA

UTILIZAÇÃO DE UEPS NA CONSTRUÇÃO DO CONTEÚDO “ESTRUTURA DA MATÉRIA” POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada à UNOPAR, no Mestrado em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias, área de concentração em Formação de Professores e Ação Docente em Situações de Ensino como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof^a Dr^a Andreia de Freitas Zompero
UNOPAR

Prof^a Dr^a Luciane Guimarães Batistella Bianchini
UNOPAR

Prof^a Dr^a Tania Aparecida da Silva Klein
(UEL)

Londrina, ____ de _____ de 2016.

Dedico este trabalho a todos os meus ex-alunos, que, durante esses vários anos, me deram a oportunidade e a inspiração para continuar buscando novos conhecimentos e me tornar um profissional melhor.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que me deu suporte e apoio para vencer esta etapa, em especial à minha esposa Laís Cardoso, que, assim como eu, acredita na transformação do mundo por meio da educação, e aos meus filhos, Ruan e Sofia, que me fizeram ver a beleza da vida por meio das coisas simples do cotidiano.

À minha orientadora, Professora Doutora Andréia de Freitas Zômpero, por ter sido uma pessoa incrível e incentivadora da realização deste trabalho com seus incontáveis ensinamentos, por quem tenho grande admiração. Seu profissionalismo e competência são exemplos para minha trajetória.

À professora Doutora Luciane Guimarães Batistella Bianchini e à professora Doutora Tania Aparecida da Silva Klein, pelas contribuições para o sucesso deste trabalho, tanto nas bancas de qualificação e defesa.

A todos os colegas de turma, à qual tive o privilégio de pertencer, agradeço pelas trocas de experiência tão enriquecedoras para minha prática profissional.

Aos Professores do programa de Mestrado em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias pelas contribuições incríveis que foram fundamentais e inspiradoras para a execução deste trabalho.

Aos alunos do 2º ano do Ensino Médio de 2015 pela enorme contribuição que deram para a realização do trabalho, por acreditarem na proposta e se dedicarem para sua realização.

Aos amigos que, mesmo de longe, me apoiaram nesta jornada, que sempre me ouviam e incentivavam nos momentos de dificuldades.

“Aprender requer coragem e tolerância, já que pode levar a uma profunda e dolorosa mudança de perspectiva. É bem mais fácil nos apegarmos aos nossos valores, a uma visão acomodada e confortável da realidade, do que mudar o certo pelo incerto”.

Marcelo Gleiser

SILVA, Vagnes Gonçalves da. **Utilização de UEPS na construção do conteúdo “estrutura da matéria” por alunos do Ensino Médio**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias) – Centro de Pesquisa em Educação e Tecnologia, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2016.

RESUMO

A Física abrange conteúdos que envolvem as estruturas submicroscópica e macroscópica da matéria. Por isso é importante na Educação Básica, abordar conteúdos que agreguem os conceitos fundamentais para a compreensão do mundo físico, para que os alunos possam construir novos conhecimentos para a ancoragem de conteúdos mais complexos. Como a estrutura da matéria é a base de todo material que forma o universo, compreender significativamente tais conceitos é a chave para o entendimento da Física, Química e Biologia. O estudo analisa o processo de aprendizagem que os alunos produzem durante a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre o conteúdo Estrutura da Matéria, assim como o processo de transferência desses significados para novas situações. A pesquisa tem abordagem qualitativa, descritiva e interpretativa, com atividades individuais e em grupo. O estudo foi realizado com alunos do 2º ano matutino do Ensino Médio de uma escola pública do município de Londrina. Utilizou duas questões discursivas para averiguar quais conhecimentos do conteúdo os estudantes tinham. Durante os passos da UEPS, foram realizadas atividades e avaliações privilegiando o trabalho em grupo, sempre verificando se houve apropriação dos significados. Para finalizar os passos da UEPS, realizou-se uma atividade de transferência com o propósito de avaliar se os alunos conseguiram transferir os significados que foram produzidos durante a UEPS para uma nova situação-problema. Apenas os alunos que participaram de todos os passos foram analisados. Os resultados obtidos com as análises das atividades dos estudantes evidenciam que a utilização da UEPS proporcionou a elaboração e a reorganização dos significados pelos alunos, mostrando-se como uma metodologia de ensino satisfatória para ser utilizada na Educação Básica.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa. Estrutura da matéria. UEPS.

SILVA, Vagnes Gonçalves da. **Utilização de UEPS na construção do conteúdo “estrutura da matéria” por alunos do Ensino Médio**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias) – Centro de Pesquisa em Educação e Tecnologia, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2016.

ABSTRACT

Physics covers content involving sub-microscopic and macroscopic structures of matter. Therefore, it is important to address content in Basic Education that add fundamental concepts for the understanding of the physical world, so that students can build new knowledge in order to anchor more complex content. As the structure of matter is the basis of all the material that forms the universe, significantly understanding of these concepts is the key to the understanding of Physics, Chemistry and Biology. The objective of this study was to analyze the meanings that students produce during the application of a Teaching Unit Potentially Significant (UEPS) on the Structure of Matter content, as well as the process of transferring these meanings to new situations. The research used qualitative, descriptive and interpretive approach, through individual and group activities. This study was conducted with students from 2nd Year of high school, who study in the morning, from a public school in the city of Londrina. We used two essay questions to ascertain the students' knowledge the about the content. During the development of UEPS, it was carried out activities and assessments, focusing on group work, always checking if there was appropriation of meanings. To finish the steps of UEPS, we conducted a transfer activity in order to assess whether the students were able to transfer the meanings that were produced during the UEPS to a new problem situation. Only students who had participated in all steps were analyzed. The results obtained from the analysis of the students' activities, show that the use of UEPS provided the development and reorganization of meanings by students, showing up as a satisfactory teaching methodology to be used in Basic Education.

Keywords: Meaningful learning. Structure of matter. UEPS.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Tabulação questão 1 | 61 |
| Tabela 2 - Tabulação questão 2 | 62 |
| Tabela 3 – Tabulação questão 3..... | 65 |
| Tabela 4 - Tabulação questão 3 | 66 |
| Tabela 5 – Tabulação questão 4..... | 70 |
| Tabela 6 – Tabulação questão 5..... | 71 |
| Tabela 7 – Tabulação questão 6..... | 72 |
| Tabela 8 – Tabulação questão 7 (organização das moléculas)..... | 74 |
| Tabela 9 – Tabulação questão 7 (<i>continuum</i>)..... | 76 |
| Tabela 10 – Tabulação questão 7 (agitação das partículas) | 77 |
| Tabela 11 – Tabulação questão 7 (energia) | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Aparelhagem utilizada por J.J. Thomson (1897) para determinar a razão carga-massa do elétron..... | 30 |
| Figura 2 – Modelo atômico de J.J. Thomson, conhecido como modelo do pudim de passas | 30 |
| Figura 3 – Experiência de espalhamento de partículas alfa de Rutherford, Geiger e Marsden..... | 31 |
| Figura 4 – Desvio esperado das partículas alfa. (a) Átomo de Thomson: pequenos desvios. (b) Átomo de Rutherford: desvios variando de pequenos a muito grandes..... | 32 |
| Figura 5 – Espectroscópio básico. O padrão espectral obtido é característico da luz usada para iluminar a fenda. | 33 |
| Figura 6 – (a) Espectro contínuo. (b) Espectro de emissão do hidrogênio | 33 |
| Figura 7 – Pela teoria clássica um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente e isso faria com que o elétron caísse no núcleo. | 34 |
| Figura 8 – Três dos níveis de energia de um átomo. | 35 |
| Figura 9 – Figuras simplificadas dos orbitais eletrônicos do átomo e dos comprimentos de onda do elétron..... | 37 |
| Figura 10 - Vista superior das ondas estacionárias dos elétrons do modelo de Louis de Broglie | 37 |
| Figura 11 – Orbitas quânticas para cada nível de energia em um átomo. As regiões escuras indicam maior probabilidade de encontrar um elétron..... | 38 |
| Figura 12 – Forças de atração e repulsão entre cargas elétricas..... | 39 |
| Figura 13 - Representação do átomo de hidrogênio | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 14 – (a) Força elétrica de atração entre prótons e elétron do mesmo átomo de hidrogênio. Não apareceram ou outros desenhos desta mesma figura. (b) Força de repulsão entre prótons e elétrons dos dois átomos de hidrogênio. (c) Força de atração entre prótons e elétrons de átomos diferentes de hidrogênio. (d) Conjunto de força envolvido na interação entre dois átomos de hidrogênio. | 41 |
| Figura 15 – Ligação entre dois átomos de hidrogênio..... | 42 |
| Figura 16 - Energia cinética está associada a massa e a velocidade. | 43 |
| Figura 17 – Energia potencial gravitacional armazenada no bate-estaca. | 43 |
| Figura 18 – Um arco vergado armazena energia potencial elástica..... | 44 |
| Figura 19 – Os estados físicos da água são determinados por sua estrutura. (a) sólido. (b) líquido. (c) gasoso. (d) plasma. | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

| | |
|---------------|---|
| DCE | Diretriz Curricular da Educação Básica |
| EC | Energia Cinética |
| EP | Energia Potencial Gravitacional |
| EPE | Energia Potencial Elástica |
| PCNs | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PISA | Programa Internacional de Avaliação de Estudantes |
| UEPS | Unidade de Ensino Potencialmente Significativa |
| UNOPAR | Universidade Norte do Paraná |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA | 19 |
| 2.1 | CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA | 22 |
| 2.2 | UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)..... | 24 |
| 3 | PANORAMA HISTÓRICO: DO MODELO GREGO AO MODELO QUÂNTICO | 27 |
| 3.1 | ÁTOMO GREGO..... | 27 |
| 3.1.1 | O Átomo de Dalton | 28 |
| 3.1.2 | O Átomo de Thomson..... | 29 |
| 3.1.3 | O Átomo de Rutherford..... | 31 |
| 3.1.4 | O Átomo de Bohr | 33 |
| 3.1.5 | O Átomo Quântico | 36 |
| 3.2 | LIGAÇÃO ENTRE ÁTOMOS | 39 |
| 3.3 | O CONCEITO DE ENERGIA..... | 42 |
| 3.4 | ORGANIZAÇÃO FÍSICA E MOLECULAR DA MATÉRIA | 44 |
| 4 | INTERPRETAÇÃO DADA PELOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DA MATÉRIA | 47 |
| 5 | METODOLOGIA..... | 52 |
| 5.1 | CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA | 52 |
| 5.2 | PARTICIPANTES DA PESQUISA | 52 |
| 5.3 | INSTRUMENTOS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS | 53 |
| 5.4 | DESCRIÇÃO DOS PASSOS DA UEPS | 54 |
| 6 | APRESENTAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS..... | 60 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 81 |
| | REFERÊNCIAS | 85 |
| | ANEXOS | 89 |
| | ANEXO A - Os Elementos | 90 |
| | ANEXO B - Características dos Átomos..... | 92 |
| | ANEXO C - Figuras Utilizadas na Atividade Sobre Energia | 94 |
| | ANEXO D – Informações dos Vídeos Utilizados no Trabalho | 98 |
| | ANEXO E – Autorização da Pesquisa | 99 |

1 INTRODUÇÃO

Estar em uma sala de aula ensinando Física é um grande desafio e ao mesmo tempo um prazer. Os conteúdos dessa disciplina são fascinantes, dificilmente se encontra alguém que não tenha curiosidades em saber como as coisas funcionam, como, por exemplo, a eletricidade, a transferência de informações sem fio, o sistema de navegação por satélite, telas de toque, celulares, a evolução aerodinâmica de carros e aviões, as teorias sobre a formação do universo, entre outras. Compreender tais fenômenos, mesmo sem grande profundidade na educação básica, exige a construção de conhecimentos, por isso muitos alunos a consideram complicada demais, contentando-se muitas vezes com um conhecimento superficial, apenas para passar de ano, não percebendo como tal conhecimento será útil em sua vida em sociedade.

Vários são os fatores que interferem na formação dos jovens da educação básica, como família, políticas governamentais, condições econômicas. Mesmo com as limitações impostas pelos diversos fatores, o professor, por fazer a ponte entre o conhecimento e o aprendiz, deve procurar despertar no estudante o interesse em transpor o conhecimento superficial, que geralmente encontramos na formação dos jovens, para alcançar a educação científica. É necessário fazer com que os alunos possam ir além da informação, mudando a sua forma de ver o mundo e de lidar com as situações, modificando sua relação com a aprendizagem das Ciências da Natureza, como destacado nos documentos do Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio.

[...] ao longo do processo de escolarização parece que temos transformado o ensino e a aprendizagem das Ciências da Natureza em algo chato, burocrático, “decoreba”. Especialmente no Ensino Médio, é comum lermos e ouvirmos críticas ao ensino dos componentes curriculares relacionados às Ciências da Natureza, Biologia, Física e Química. Na verdade, reflexões que apontam problemas na educação científica não são momentâneas e tão pouco são situações exclusivas do Brasil. Alguns jovens brasileiros expressam opiniões negativas a respeito do estudo das Ciências da Natureza. São comuns as reclamações de que se trata de um ensino de conteúdos difíceis, muito distantes de seus interesses mais imediatos e que, na opinião de alguns, “não serve para nada”. Para que ocorra efetivamente mudança desse cenário, é preciso que haja uma ressignificação dos objetivos e sentidos da educação científica no contexto escolar (SCARPA, 2014, p. 6).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 2000), o ponto de partida para a aprendizagem significativa são os elementos do domínio vivencial do aluno, entretanto é preciso considerar que o domínio vivencial do aluno vai além da sua vizinhança física e social. Com a popularização dos meios de comunicação, principalmente com o acesso à Internet, é possível transcender a prática imediata e desenvolver conhecimento de alcance mais universal, pois questões, como meio ambiente, economia, energia nuclear, transgênicos, podem ser discutidas de maneira mais geral.

Como descrito nos PCNs (BRASIL, 2000, p. 22), “o ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelo aluno e professores e não só, mas também por isso, vazio de significado”. Na maioria das vezes, o ensino dessa disciplina tem privilegiado a aprendizagem da Física Clássica e desconsiderado o desenvolvimento realizado durante o século XX, tratando de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais.

As pesquisas em ensino de física já somam um grande conjunto de concepções espontâneas e representações dos alunos que persistem mesmo após a conclusão da escolaridade básica. Algumas delas guardam semelhanças com teorias históricas de períodos pré-científicos e entre sistemas de ensino distintos. Ocorre, entretanto, que algumas dessas concepções são o resultado de escolhas didáticas equivocadas, de erros em materiais didáticos, do uso exagerado de fórmulas para resolução de problemas isolados, da concepção de ciência do professor entre outros fatores. Isso constitui um obstáculo didático. A física como é apresentada na maioria dos livros didáticos, excessivamente modelizada, distancia-se do aluno e o leva a desacreditar que tenha qualquer relação com o mundo real. Este aluno é convencido pelas teorias científicas sem compreendê-las, recebe-as como uma espécie de crença (RICARDO, 2004, p. 9).

Como citado por Ricardo (2004), várias pesquisas já foram realizadas, comprovando que os estudantes têm grande dificuldade em utilizar os conhecimentos da Física fora do ambiente escolar. Encontrar uma solução para superar essas dificuldades não é algo simples, pois vários fatores podem influenciar uma aprendizagem significativa. Alguns fatores foram apontados por Ricardo (2004), como a escolhas didáticas equivocadas. Uma atividade bem-sucedida com uma turma pode não ter o mesmo resultado com outras salas de aula, necessitando de adaptações ou reformulações constantes. É preciso que o professor busque e sugira aos alunos diversas fontes de pesquisa, não se limitando ao uso do livro didático. O

professor deve ter claro quais são os objetivos da sua área de conhecimento e os objetivos específicos de um determinado conteúdo, pois só assim poderá direcionar e encontrar soluções para superar as dificuldades apresentadas por seus alunos.

Na visão de Ricardo (2004, p. 1),

[...] a escola tem um papel fundamental na constituição da sociedade, então esta escola terá que deixar de ser um cenário burocrático na vida dos alunos e passar a ser um ambiente de formação para a autonomia, para se buscar saídas, e não para formatá-los de acordo com o mercado.

Muitos alunos percebem a Física apenas como uma aplicação de fórmulas. Essa visão é influenciada por boa parte dos livros didáticos que dão maior destaque à resolução de exercícios, muitas vezes repetitivos, deixando de lado o contexto histórico da evolução da física, conceitos e modelos criados para interpretar a natureza. A formação do professor também pode ser um indicativo dessa dificuldade em se desvencilhar do excesso do formalismo matemático presente nas aulas de Física. Os físicos deveriam ser ensinados de forma conceitual, deixando a resolução de problemas para um segundo curso de Física, assim sua formação poderia contribuir para despertar, no aprendiz, a paixão pela Física (HEWITT, 2011).

A Física estuda o grande e o pequeno, dos átomos às galáxias. Compreender o mundo submicroscópico das partículas dará possibilidade de aprender as características da matéria presente no dia a dia, afinal de contas o mundo macroscópico que nos cerca é resultado desse universo microscópico. Optamos por trabalhar a estrutura da matéria por acreditar que esse conhecimento apresentado por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) poderá favorecer a aprendizagem significativa, não só dos conteúdos de Física envolvendo estados físicos, mudança de estado físico, temperatura, dilatação térmica, pressão, materiais isolantes, condutores e semicondutores de eletricidade, mas também poderá contribuir com outras áreas do conhecimento relacionado as ciências, como a Química e as Engenharias.

O *Programme for International Student Assessment* (Pisa) - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, em 2015, na matriz de avaliação de Ciências na área de conhecimento dos sistemas físicos, avaliou o conhecimento dos alunos sobre estrutura da matéria (modelos de partículas, ligações); propriedades da matéria (mudança de estado, condutividade térmica e elétrica),

temas que foram abordados em nossa proposta da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Mesmo que os estudantes do Ensino Médio não tenham participado da avaliação do PISA, consideramos o conteúdo como base para as disciplinas de Física e Química, podendo contribuir muito para a formação científica dos alunos.

Pesquisa realizada por Garcia (2014) a respeito da alfabetização científica dos brasileiros indica a necessidade de investimentos na formação científica no País, por não estar havendo a transferência do conhecimento aprendido em sala de aula para a vida cotidiana do indivíduo. O estudante não consegue fazer ligação entre o conhecimento aprendido em sala com as situações que se manifestam fora do ambiente escolar. Fica, muitas vezes, alheio a debates que interferem diretamente na comunidade na qual vive ou na sociedade como um todo e não dispõe de clareza para tomar decisões acerca de grandes temas da ciência, como energia nuclear, transgênicos, células-tronco, ondas eletromagnéticas e outros. Os documentos do Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio apontam prováveis causas que contribuem para essa situação no País.

Ao não atribuir sentido aos conhecimentos físicos, químicos e biológicos, o estudante vai deixando de se interessar por essa área do conhecimento e passa a manifestar insatisfação, dificuldades e até medo desses componentes curriculares. No entanto, as possíveis relações entre ciência e cotidiano são ricas e necessárias do ponto de vista da participação ativa na sociedade, sobretudo ao contribuir na tomada de decisão e processos de escolha que terão impacto na sua vida e de sua comunidade, por um lado, e ao ter acesso a uma forma de encantamento pelo mundo, ampliando sua visão sobre a realidade (SCARPA, 2014, p. 10).

É comum nos livros didáticos de Física não ser apresentada a evolução dos modelos atômicos. Essas explicações ficam, muitas vezes, restritas aos livros didáticos de Química. Para a compreensão da chamada Física Moderna, porém, que tem sido “cobrada” cada vez mais dos professores, na tentativa de despertar o interesse dos alunos para questões e problemas mais atuais da Física, faz-se necessário que os estudantes tenham uma compreensão de como a ciência evolui e principalmente, de como é o átomo. Por ser um conteúdo que já deveria ter sido apropriado, consideramos que o aprendiz possua os subsunçores adequados para a evolução dos conceitos, o que geralmente não ocorre, dificultando muito a aprendizagem significativa do assunto e sua transferência para os fenômenos fora da sala de aula.

A questão norteadora da pesquisa que procuramos responder é quais os significados produzidos pelos estudantes durante a aplicação da UEPS e se esses significados são transferidos para outras situações envolvendo a estrutura da matéria. O processo de significação proporciona a construção gradativa desse conhecimento pelo aluno. Assim, para responder a essa questão, temos como objetivos analisar os significados que os alunos produzem durante a aplicação dos passos da UEPS e evidenciar a transferência dos significados produzidos na UEPS para uma situação-problema envolvendo conceitos sobre a estrutura da matéria.

Este trabalho constitui-se desta introdução e de mais seis capítulos. No Capítulo II, abordaremos o referencial da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa de Moreira (2015).

No Capítulo III, apresentamos o Panorama Histórico: do modelo grego ao modelo quântico, destacando a evolução dos modelos atômicos, o conceito de energia, ligações entre os átomos e a organização física e molecular da matéria. No Capítulo IV, destacamos a interpretação dos alunos sobre a natureza da matéria.

O perfil da escola, dos alunos participantes da pesquisa e dos instrumentos para a obtenção dos dados está descrito no Capítulo V. Os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo VI. Finalmente, no Capítulo VII, apresentamos os principais tópicos do trabalho realizado e os encaminhamentos finais.

2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para Ausubel (apud MOREIRA, p. 161, 2011b), “aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo”. A aprendizagem é dita significativa, quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Moreira (2011b), esse conhecimento relevante à nova aprendizagem pode ser um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, que David Ausubel, chamava de subsunçor ou ideia-âncora.

Segundo Moreira (2011b), o processo de ancoragem da nova informação resulta no enriquecimento ou modificação do conceito subsunçor, que pode ser desenvolvido ou limitado, dependendo da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa. O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, estar mais ou menos elaborado, porém, quando serve de ideia-âncora para o novo conhecimento, ele próprio se modifica adquirindo novos significados.

Para Willingham (2011), não é possível introduzir novas ideias na cabeça de um aluno diretamente. Os recursos, métodos e agentes envolvidos na educação devem assegurar que as ideias corretas foram buscadas na memória de longo prazo e colocadas na memória de trabalho, em que os aspectos serão comparados, combinados ou manipulados, provocando a modificação dos subsunçores.

Willinghan (2011) afirma que memória de trabalho é sinônimo de consciência. Ela mantém aquilo sobre o qual se está pensando. É a parte da mente que nos mantém ciente daquilo que está ao redor. A memória de trabalho, por sua vez, é o amplo depósito no qual encontramos todo o conhecimento factual sobre o mundo. “Toda a informação na memória de longo prazo reside fora da consciência. Ela se mantém silenciosa até se fazer necessária, quando penetra na memória de trabalho e se torna consciente” (WILLINGHAN, 2011, p. 25).

Do ponto de vista de Willingham (2011), o conhecimento prévio é importante para formarmos bons pensadores. Pensamento lógico e crítico não é possível sem conhecimento prévio. Quanto mais se conhece um assunto em particular, pode-se compreender melhor novas informações sobre esse assunto. [...] “quando você possui conhecimento prévio, sua mente conecta o assunto lido com

aquilo que você já sabe sobre o assunto, mesmo que não esteja consciente deste efeito” (WILLINGHAN, 2011, p. 49).

Como descrito por Ausubel (1980), na aprendizagem significativa não significa que a nova informação irá formar um simples elo entre as novas informações e as ideias existentes. A obtenção da nova informação provocará uma modificação tanto na nova informação quanto nas informações presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. A aprendizagem só será significativa se as novas ideias se relacionarem de forma não arbitrária e substantiva com as ideias já existentes.

Há duas situações que queremos destacar: a aprendizagem significativa por recepção e a aprendizagem por descoberta. Para Ronca (1980), na aprendizagem por recepção, o conteúdo a ser aprendido é apresentado ao aluno na sua forma final, não envolvendo nenhuma descoberta por parte do aluno. Exige-se do aluno que atue ativamente sobre esse material, relacionando-o a ideias relevantes disponíveis em sua estrutura cognitiva. Na aprendizagem por descoberta, o conteúdo a ser aprendido não é dado na sua forma final, mas descoberto pelo aluno, reorganizando as informações, integrando-as com o conhecimento que ele já possui a fim de produzir um novo conhecimento ou preposição.

De acordo com Prass (2012), Ausubel propõe a aprendizagem por recepção, mas alerta para o fato de que, tanto por descoberta como por recepção, a aprendizagem pode ser mecânica, caso as ideias presentes na estrutura cognitiva não se relacionem de forma lógica e clara com as novas informações. Em Ausubel (1980), vamos encontrar o seguinte esclarecimento: o problema não está no método em si, mas na forma como é direcionado. A aprendizagem significativa por recepção não representa passividade. Ela exige muita atividade cognitiva por parte do aprendiz, que terá de compreender os novos significados e integrá-los na estrutura cognitiva existente, e esse processo é necessariamente ativo.

Contrapondo-se à aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica ou automática, uma aprendizagem com pouca ou nenhuma interação com os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. As novas ideias não se relacionam de forma clara e lógica com nenhuma ideia existente na estrutura cognitiva do aprendiz. A retenção na memória se dá num período breve de tempo. O conhecimento adquirido se organiza de forma aleatória, não se ligando a subsunçores específicos. Segundo Prass (2012, p. 29),

[...] o indivíduo não é capaz de expressar o novo conteúdo com linguagem diferente daquela com que este material foi primeiramente aprendido. De fato, ele não aprendeu o significado, o sentido do novo material, mas tão somente decorou a sequência de palavras que o definia. Por conta disso, ele será incapaz de utilizar este conhecimento em contextos diferentes daquele no qual fora primeiramente apresentado a estes conceitos/ideias.

Ausubel (apud Moreira, 2011a) não estabelece uma oposição entre aprendizagem significativa e mecânica e sim um contínuo. Em alguns casos, a aprendizagem mecânica se faz necessária. No dizer de Moreira (2011a, p. 32), “a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno inicialmente aprende de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem se tornará significativa”. Para que isso ocorra, é necessário que se tenham desenvolvido os subsunçores adequados, a predisposição do aprendiz em aprender de maneira significativa, o material ser potencialmente significativo e a mediação do professor.

Ausubel (1980) identifica algumas razões pelas quais a aprendizagem mecânica muitas vezes prevalece sobre a aprendizagem significativa. Os estudantes procuram dar respostas iguais àquelas que lhe foram ensinadas, pois, caso contrário, não serão aceitas por alguns professores. O alto nível de ansiedade devido a experiências não muito boas numa determinada disciplina acarreta falta de confiança em aprender significativamente, prevalecendo a aprendizagem mecânica, pois só assim o estudante se sente mais seguro.

A aprendizagem significativa pressupõe a existência de subsunçores, porém uma pergunta que surge é o que deve ser feito se não há conhecimento prévio. Como descrito por Moreira (2011b, p. 162), “uma resposta plausível é que a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando o indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele”.

Quando uma área de conhecimento completamente nova é apresentada ao aprendiz, não há os subsunçores para a ancoragem das informações, então a aprendizagem mecânica é sempre necessária, até que existam na estrutura cognitiva condições para que a aprendizagem comece a ser significativa (MOREIRA, 2011b).

Quando não há familiaridade do aluno com o material a ser aprendido, Ausubel (1980) recomenda o uso de organizadores prévios que servem para desenvolver a formação de conceitos subsunçores necessários à

aprendizagem subsequente. Organizadores prévios são materiais introdutórios num nível mais alto de generalidade e inclusividade, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, servindo como uma espécie de “ponte cognitiva” entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber. Para Moreira (2008), o organizador prévio serve para promover relações entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz já possui, entretanto ainda não percebeu a relação entre eles. Segundo Moreira (2008), o organizador prévio depende da natureza do material de aprendizagem, do desenvolvimento cognitivo do aprendiz e do grau de familiaridade prévia do aluno com a tarefa de aprendizagem. Podem ser utilizados como organizadores prévios uma demonstração, filmes, perguntas, simulações, entre outros. Como afirma Moreira (2008, p.10), “não é a forma que importa, mas sim a função dessa estratégia instrucional chamada organizador prévio.”

2.1 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Gowin (apud MOREIRA, 2015), “um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e material educativo, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino”.

De acordo com Ausubel (1980), o primeiro fator que deve ser levado em consideração para a ocorrência de uma aprendizagem significativa é a natureza do assunto a ser aprendido. Este deve ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, relacionável à estrutura de conhecimento do aprendiz, permitindo estabelecer uma relação não arbitrária e substantiva. Para Ronca (1980), substantividade não quer dizer ao pé da letra, isto é, não há alteração nas relações se símbolos diferentes, mas similares, forem usados. São as ideias principais que precisam ser incorporadas à estrutura cognitiva, não somente as palavras. A não arbitrariedade exige um relacionamento entre o novo item a ser aprendido e os conhecimentos especificamente relevantes da estrutura cognitiva, não sendo arbitrário ou por acaso. Para Prass (2012), uma vez aprendido um determinado assunto, o aprendiz deverá ser capaz de explicar com suas próprias palavras a essência daquilo que aprendeu, compreendendo o sentido, o significado daquilo que foi ensinado.

Quanto ao material potencialmente significativo, a Teoria da Aprendizagem Significativa afirma que a variável que mais influencia a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio do aluno. Partindo desse entendimento, deve-se desenvolver um material significativo capaz de extrair as concepções prévias do aluno e, a partir deste ponto, criar situações para dar novos sentidos ao conhecimento.

Material potencialmente significativo não quer dizer algo sofisticado ou cheio de tecnologia. De acordo com Moreira (2015), alguns elementos devem ser observados para que o material possa ter essa característica. Primeiramente define-se quais são os tópicos específicos e quais os conceitos principais que o aluno deve aprender. Definidos os conteúdos essenciais, é necessário propor ou criar situações através de discussões, questionamentos, situações-problemas para que o aluno possa externar seu conhecimento prévio, aceito cientificamente, ou não.

Um material potencialmente significativo deve ser apresentado com um nível crescente de complexidade, preparando o terreno para o que se pretende ensinar, sempre levando em conta o conhecimento prévio do aprendiz. Esse material deve privilegiar atividades em grupo para que os alunos possam confrontar e socializar seus conhecimentos. (MOREIRA, 2015).

Segundo Ausubel (1980), uma vez estabelecidos os conceitos a serem trabalhados, precisamos determinar a maneira e a sequência em que serão ensinados. Ausubel (1980) propõe dois princípios, a Diferenciação Progressiva e a Reconciliação Integradora.

Na Diferenciação Progressiva, as ideias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas no início, para só depois apresentar as ideias mais específicas. Na opinião de Prass (2012), “generalizar a partir de conceitos mais específicos é mais difícil do que aprender conceitos particulares a partir de um mais geral”.

Na Reconciliação Integradora, a elaboração do conteúdo deve chamar a atenção para diferenças e semelhanças entre as ideias apresentadas para os alunos. Se as semelhanças e diferenças não forem trabalhadas devidamente, o estudante pode deixar de fazer algumas “conexões” interessantes, fazê-las de forma errada ou esquecer-las em pouco tempo (PRASS, 2012).

Outro fator indicado por Ausubel (1980) é uma função que pertence à estrutura cognitiva do aprendiz. Nela devem estar disponíveis os subsunçores

necessários ao novo conhecimento, e o aprendiz deve estar disposto a relacionar o novo material de forma significativa à sua estrutura cognitiva. Segundo Moreira (2015), não importa quão potencialmente significativo seja o material apresentado ao aprendiz, se sua intenção é apenas a memorização arbitrária e literal, isto é, mecânica e sem significados. O mesmo vale quando o indivíduo está disposto à aprendizagem significativa e o material não for potencialmente significativo.

Na aprendizagem significativa, o professor desempenha um papel essencial. Segundo Moreira (2015), o professor deve ser o mediador da aprendizagem e registrar as evidências que caracterizem uma aprendizagem significativa, avaliando de forma somativa e individual, durante todo o processo de implementação da aprendizagem.

Para Santos (2008), enquanto o professor se preocupar em dar as respostas, ao invés de fazer perguntas, estaremos evitando que o aluno faça o esforço necessário para aprender de maneira significativa. O papel do professor é desafiar os alunos insistentemente e sempre procurar aperfeiçoar a forma como isso é feito, estimulando de forma criativa as estruturas conceituais dos alunos, gerar questionamentos, dúvidas, criando necessidades e não respostas prontas, favorecendo a autonomia dos alunos. Para isso, é necessário não dar muitas instruções, o que pode fazer com que os alunos se preocupem mais em seguir as instruções do professor, o que lhes vai garantir êxito. O professor deve fornecer apenas as instruções necessárias, incentivando as decisões coerentes e questionando as decisões descabidas.

2.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

Como caracteriza Moreira (2015), a forma de ensino mais comum é aquela baseada na fala do professor, na qual os alunos copiam as informações de uma maneira mecânica e as memorizam, informações estas que geralmente acabam sendo esquecidas após uma avaliação. Outras formas de abordagem são sugeridas pelas teorias de aprendizagem, porém essas abordagens de ensino geralmente não chegam à sala de aula. O problema, como afirma Moreira (2015), é que o modelo da narrativa é aceito por todos, pais, alunos, professores e a sociedade em geral.

Moreira (2015), na intenção de contribuir para modificar essa situação, propõe a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente

Significativa (UEPS). As UEPS são sequências de ensino fundamentadas principalmente na aprendizagem significativa, não mecânica, voltadas diretamente à sala de aula.

Para Moreira (2015), uma UEPS é composta por oito passos. A quantidade de conteúdos que devem ser trabalhados durante um ano letivo ou mesmo um bimestre é muito grande, causando um desconforto no professor na tentativa de conseguir atingir todo o conteúdo. O primeiro passo da UEPS é a definição do tópico específico a ser abordado. O professor deve identificar, no conteúdo, os aspectos declarativos e procedimentais mais importantes que precisam ser trabalhados.

Para Ausubel (1980, prefácio), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”. Dentro dessa perspectiva, o segundo passo da UEPS propõe criar/propor situações em que o aluno possa externalizar seus conhecimentos prévios, corretos ou não no contexto da matéria. O professor pode propor discussão, questionários, mapa conceitual, situação-problema etc.

No terceiro passo da UEPS, de posse dos conhecimentos prévios dos alunos, o professor deve propor situações-problema em nível bem introdutório, preparando o terreno para o conhecimento que se pretende ensinar. As situações-problema devem envolver o assunto que será trabalhado, mas ainda sem dar respostas. O professor pode abrir uma discussão com a sala levantando alguns pontos controversos que foram identificados sobre os conhecimentos prévios. São as situações que dão sentido aos novos conhecimentos. Nesse momento, o aluno poderá começar a confrontar suas ideias sobre um determinado conteúdo e percebê-las como problema, devendo ser capaz de modelá-las mentalmente.

No quarto passo, uma vez trabalhada as situações iniciais, é o momento de apresentar o conteúdo a ser ensinado, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, dando uma visão geral do todo e depois indo para aspectos mais específicos. Moreira (2015) sugere uma exposição oral seguida de atividade colaborativa formada por pequenos grupos e depois a abertura para uma discussão no grande grupo.

Dando continuidade, no quinto passo, é o momento de retomar aspectos mais gerais, estruturantes, isto é, aquilo que realmente se pretende ensinar. As situações-problema devem ter um nível crescente de complexidade, com

novos exemplos, destacando diferenças e semelhanças. Sugestões de atividades colaborativas devem ser propostas para que os alunos interajam socialmente, negociando significados, sempre com a mediação do professor.

Concluindo a unidade, no sexto passo, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Novas apresentações de significados podem ser feitas utilizando exposição oral, textos etc. O importante é trabalhar em nível mais alto de complexidade; sempre procurando atividades colaborativas.

No sétimo passo, destacamos a avaliação da aprendizagem na UEPS; que deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa. Avaliações individuais deverão ser realizadas, privilegiando a compreensão e a evidência de captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência.

No oitavo passo, avaliamos a UEPS. Se a avaliação do desempenho do aluno indicar que houve uma captação dos significados, compreensão, capacidade de explicar o conhecimento, a UEPS será considerada um êxito. Como a aprendizagem significativa é progressiva, o professor deve dar ênfase às evidências de que o aluno está aprendendo significativamente e não apenas aplicar uma avaliação final para verificar a aprendizagem.

Segundo Moreira (2015), em todos os passos da UEPS, os materiais devem ser diversificados e deve-se privilegiar o questionamento em relação as respostas prontas, o diálogo deve ser estimulado. Pode-se pedir que os alunos proponham situações-problema em relação ao tópico de estudo e atividades individuais também podem ser realizadas.

3 PANORAMA HISTÓRICO: DO MODELO GREGO AO MODELO QUÂNTICO

Compreender a composição da matéria tem interessado as pessoas há milhares de anos. Com a existência de inúmeras substâncias - sal, água, pedra, ar, folhas, e assim por diante - as pessoas imaginavam se haveria um número infinito de substâncias na natureza ou apenas algumas substâncias fundamentais que formassem tudo ao nosso redor (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011). Segundo Feynman (2004), se, devido a um grande cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma informação pudesse ser passada às futuras gerações de criaturas, o que poderia ser formulado com o menor número de palavras e conteria maior informação?

Acredito que seja a hipótese atômica (ou o fato atômico, ou como quiser chamá-lo) de que todas as coisas compõem-se de átomos – pequenas partículas que se deslocam em movimento perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contra as outras. Nessa única sentença, você verá, existe uma enorme quantidade de informações sobre o mundo, basta que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio (FEYNMAN, 2004, p. 39).

Atualmente, a maioria das pessoas sabe a respeito dos átomos. Ainda que não possamos facilmente vê-los, sabemos que existem mais de cem tipos diferentes de átomos, que formam todas as substâncias que podemos encontrar. Para se chegar à concepção atual de átomo, porém, muito tempo se passou e, graças a mentes brilhantes e à persistência, grandes descobertas foram e continuam sendo feitas sobre a natureza da matéria.

3.1 O ÁTOMO GREGO

A ideia de que a matéria é formada por minúsculos blocos de construção remonta aos gregos do século V a.C.. A palavra átomo, do grego *átomos*, que significa indivisível, foi usada pelo filósofo grego Demócrito, que acreditava que havia uma estrutura básica a todas as substâncias que nos cercam (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011). “Podemos quebrar uma rocha em pedaços, e os pedaços em cascalho fino. Este ainda pode ser moído até virar areia fina, que então pode ser transformada em pó. Para os gregos do século V a.C., havia um

pedaço de rocha mínimo, um “átomo”, que não poderia ser dividido ainda mais (HEWITT, 2011, p.199).

De acordo com Hewitt (2011), Aristóteles, o mais conhecido dos filósofos gregos, discordava da ideia de átomo, para ele, toda matéria é formada pela combinação de quatro elementos – terra, ar, água e fogo. Uma concepção razoável, pois, no mundo que nos cerca, a matéria é vista em quatro formas: sólida (terra), gasosa (ar), líquida (água) ou no estado de labaredas (fogo). Por 2.000 anos essa visão foi o modelo dominante do universo físico.

3.1.1 O Átomo de Dalton

Em 1803, graças aos trabalhos do químico inglês John Dalton, a teoria atômica da matéria foi seriamente revista. Nessa época, os pesquisadores já haviam descoberto que a maioria das substâncias podia ser dissolvida pelo fogo, imersão em ácidos ou por outros processos, chegando, às vezes, a algo que não podia ser dissolvido (HAZEN; TREFIL, 2005).

Dalton chamou essas substâncias, que não podiam ser dissolvidas, de elementos. Entre elas estavam o oxigênio, o ouro e o ferro, chegando à conclusão de que cada elemento é constituído de apenas um tipo de átomo, a unidade básica indestrutível e indivisível da matéria (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011).

Para Russel (1994, p. 207), “Dalton ressuscitou o conceito grego da existência dos átomos e foi capaz de sustentar este conceito com evidências experimentais que ele e outros obtiveram”.

A teoria atômica de Dalton foi baseada no seguinte modelo:

Toda partícula é composta de partículas fundamentais, os átomos. Os átomos são permanentes e indivisíveis, eles não podem ser criados nem destruídos. Os elementos são caracterizados por seus átomos. Todos os átomos de um dado elemento são idênticos em todos os aspectos. Átomos de diferentes elementos têm diferentes propriedades. As transformações químicas consistem em uma combinação, separação ou rearranjo de átomos. Compostos químicos são formados de átomos de dois ou mais elementos em uma razão fixa (RUSSEL, 1994, p. 207).

Dalton explicou com sucesso a natureza das reações químicas considerando que toda matéria é formada por átomos, mas nenhum cientista da

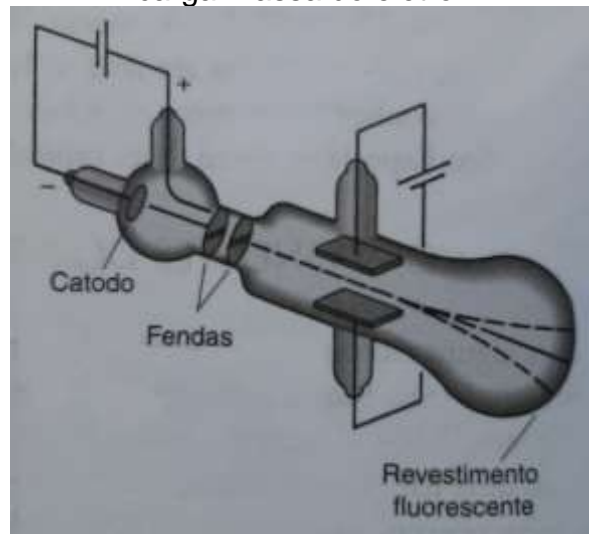
época dispunha de evidências convincentes da existência dos átomos. Em 1927, Robert Brown notou algo muito estranho em seu microscópio, grãos de pólen ou poeira suspensos na água moviam-se sem parar. Esse movimento aleatório e irregular das partículas atualmente é chamado de movimento browniano. O movimento browniano foi explicado por Albert Einstein em 1905, sendo o resultado das colisões das partículas visíveis com os átomos invisíveis (HEWITT, 2011).

Usando ideias simples, muitas aceitas até hoje, Dalton fez grandes contribuições para o entendimento da química e forneceu estímulos para que o mundo científico pensasse definitivamente na existência dos átomos (RUSSEL, 1994).

3.1.2 O Átomo De Thomson

Uma reviravolta aconteceu no final do século XIX. Evidências concretas de que o átomo não era uma esfera dura, indivisível, nem elementar surgiram com a descoberta da radiação e do elétron. Em experimentos realizados em 1879, o físico inglês, sir William Crookes, estudando as descargas elétricas em ampolas de vidro contendo um gás a baixa pressão, observou um feixe luminoso que saía do catodo para o anodo. Submetendo os feixes luminosos a um campo elétrico externo, verificou que o feixe luminoso era atraído pelo polo positivo, descobrindo que o feixe, chamado de raios catódicos, tinha carga negativa. J. J. Thomson, com uma aparelhagem mais elaborada para estudar a deflexão dos raios catódicos por campos elétricos e magnéticos (Figura 1), descobriu que esses raios eram emitidos do catodo independentemente do material utilizado. Isso levou Thomson a concluir que todos os materiais possuíam elétrons, nome dado aos raios catódicos, e determinou a razão entre carga-massa do elétron, e que o elétron tem carga negativa e uma massa 1.837 vezes menor do que a de um átomo de hidrogênio (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011).

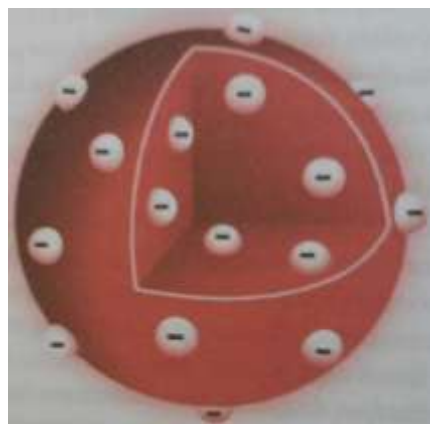
Figura 1 – Aparelhagem utilizada por J.J. Thomson (1897) para determinar a razão carga-massa do elétron.



Fonte: Hinrichs, Kleinbach e Reis (2011, p. 492)

Por suas descobertas, Thomson é considerado o descobridor do elétron. Devido à neutralidade elétrica do átomo, Thomson imaginou um modelo atômico de uma esfera constituída da mesma quantidade de cargas positivas e negativas uniformemente distribuídas, em que os elétrons estão incrustados, como passas em um pudim (Figura 2) (PIRES; CARVALHO, 2014).

Figura 2 – Modelo atômico de J.J. Thomson, conhecido como modelo do pudim de passas.



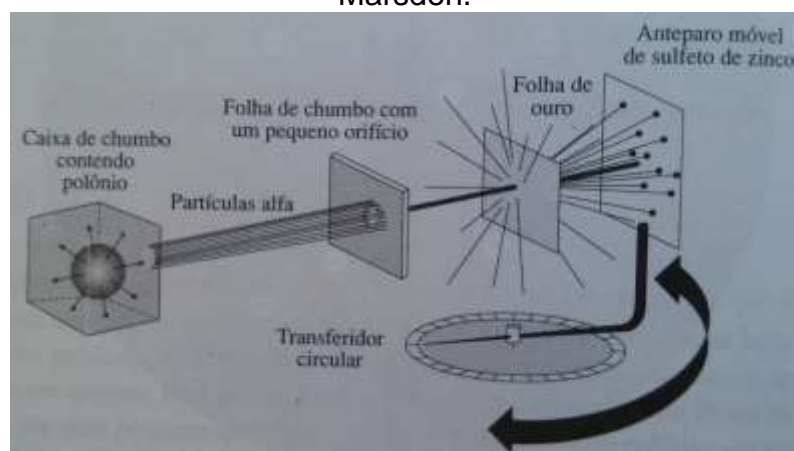
Fonte: Pires e Carvalho (2014, p.16)

Descobertas sobre a radioatividade ajudaram a tornar claro que o átomo não era indivisível (HINRICHES; KLEINBACH; REIS, 2011), a partir de 1880, a maioria dos cientistas acreditava que o átomo era formado por uma parte carregada positivamente e alguns elétrons, mas isso não era totalmente claro, muitas questões ainda estavam sem respostas conclusivas (RUSSELL, 2004).

3.1.3 O Átomo De Rutherford

Ernest Rutherford descobriu que o urânio emitia dois tipos diferentes de radiação, que ele chamou de radiação alfa e radiação beta. Em 1909, liderando um grupo de pesquisadores que estudavam o espalhamento de partículas alfa passando por folhas metálicas finas (Figura 3), foi observado que algumas partículas alfa eram refletidas em um ângulo maior do que noventa graus.

Figura 3 – Experiência de espalhamento de partículas alfa de Rutherford, Geiger e Marsden.

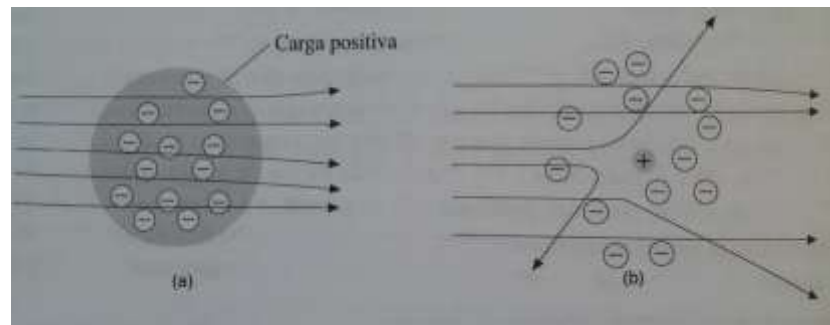


Fonte: Russel (1994, p. 216)

Esses resultados não eram compatíveis com o modelo de átomo proposto por Thomson: seria o mesmo que estar atirando em um bloco de gelatina e as balas ricocheteassem de volta, um grande número de partículas atravessavam as folhas em linha reta, mas algumas sofriam desvios. Isso só seria possível se houvesse objetos duros dentro do bloco de gelatina, o que poderia fazer com que as balas voltassem. Rutherford esperava verificar pequenos desvios na trajetória das partículas alfa (Figura 4a), mas o que ele detectou é que, além dos pequenos

desvios, também havia grandes desvios na trajetória das partículas alfa (Figura 4b) (PIRES, CARVALHO, 2014).

Figura 4 – Desvio esperado das partículas alfa. (a) Átomo de Thomson: pequenos desvios. (b) Átomo de Rutherford: desvios variando de pequenos a muito grandes



Fonte: Russel (1994, p. 216)

Como caracteriza Pires e Carvalho (2014, p.17), “somente em 1911, Rutherford apresentou seu modelo atômico, no qual propunha que os átomos consistiam de um caroço com carga positiva, o núcleo, que continha quase toda a massa do átomo, cercado por uma nuvem de elétrons com carga negativa”. O modelo proposto por Rutherford não provocou impactos na comunidade científica, pois era instável.

O experimento de Rutherford levou à conclusão de que o átomo seria composto de um núcleo positivo, que ocuparia uma região muito pequena, comparada ao tamanho do átomo, e de cargas negativas que orbitavam em torno desse núcleo. O movimento dos elétrons seria então um movimento circular, com uma aceleração centrípeta, devido à atração elétrica entre as cargas. No entanto, havia uma falha em seu modelo: uma carga em movimento acelerado emite radiação eletromagnética; ao se mover com aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação e perder energia. Com isso, o raio de sua órbita deveria diminuir gradativamente até que ele colidisse com o núcleo. Não haveria, portanto, átomos estáveis, que formassem a matéria tal como a conhecemos (PIRES; CARVALHO, 2014, p. 24).

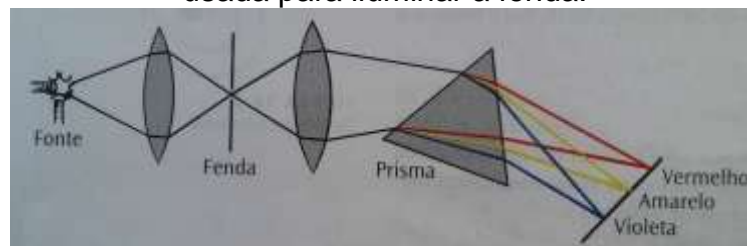
O modelo de Rutherford ficou conhecido como modelo planetário, devido a sua semelhança com o sistema solar, em que a carga positiva estaria no centro, com os elétrons girando ao seu redor.

Na tentativa de resolver dificuldades apresentadas pelo modelo de Rutherford, um novo modelo atômico é proposto em 1913 por Niels Bohr.

3.1.4 O Átomo De Bohr

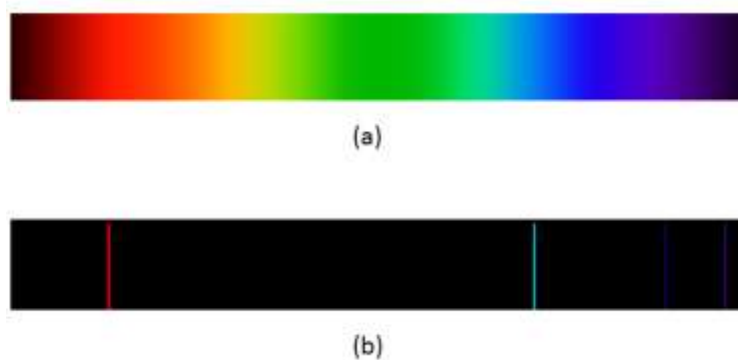
Em Hewitt (2011) vamos encontrar o seguinte esclarecimento: na época dos experimentos de Rutherford, os químicos estavam usando o espectroscópio para realizar análises químicas e os físicos estavam tentando explicar as confusas linhas espectrais (Figura 5). Era de conhecimento dos cientistas que as linhas espectrais do hidrogênio (Figura 6b) eram as mais ordenadas dos elementos. Fórmulas matemáticas foram desenvolvidas na tentativa de que pudessem ser previstas as linhas espectrais de outros elementos, porém não havia uma explicação satisfatória desse comportamento dos elementos químicos.

Figura 5 – Espectroscópio básico. O padrão espectral obtido é característico da luz usada para iluminar a fenda.



Fonte: Hewitt (2011, p. 538)

Figura 6 – (a) Espectro contínuo. (b) Espectro de emissão do hidrogênio.



Fonte: Elaborada pelo autor (2015)

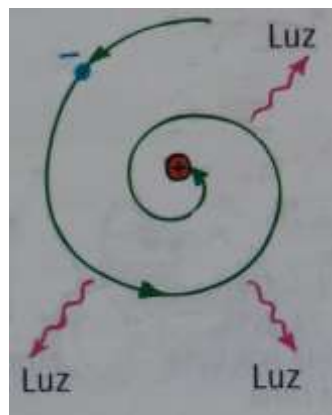
Em 1913, Bohr, aplicando a teoria quântica de Planck, Einstein e as regularidades descobertas sobre as linhas espectrais, reformulou o modelo atômico de Rutherford e criou o modelo que ficou conhecido como modelo planetário do átomo (HEWITT, 2011).

Diante do problema do átomo estável, Bohr imaginou que deveriam existir princípios físicos ainda desconhecidos para descrever o comportamento do elétron no átomo. Mesmo com uma teoria que possuía várias imperfeições, as ideias de Bohr encorajaram outros pesquisadores a descobrirem que a física clássica falhava ao descrever o comportamento de partículas como os elétrons (RUSSELL, 2004).

Bohr utilizava a mecânica clássica para descrever o movimento do elétron, porém impunha restrições às órbitas clássicas que os elétrons poderiam ocupar e também exigia que os elétrons nessas órbitas não irradiassem, contrariando a teoria da radiação, que afirma que uma carga que está em constante aceleração emite radiação eletromagnética (PIRES; CARVALHO, 2014).

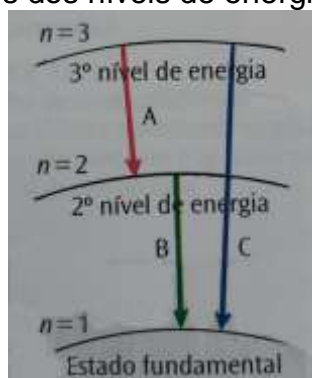
Essa emissão de energia deveria fazer com que o elétron espiralasse em direção ao núcleo e causasse o colapso do átomo (Figura 7). Bohr afirma que o elétron não irradia luz enquanto é acelerado em torno do núcleo, mas sim quando salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo (Figura 8) (HEWITT, 2011).

Figura 7 – Pela teoria clássica um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente e isso faria com que o elétron caísse no núcleo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576)

Figura 8 – Três dos níveis de energia de um átomo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576)

Bohr, com seu modelo atômico provocou uma divisão radical entre a Física Moderna e a Clássica, descobrindo que as propriedades da matéria em nível microscópico têm valores distintos ou quantizados e não contínuos como propõe a Física Clássica. De acordo com a Física Clássica, os elétrons, por exemplo, podem assumir qualquer valor de energia. Na Física Moderna estes elétrons podem assumir apenas alguns valores discretos de energia, por isso dizemos que os elétrons só podem existir em determinados níveis de energia ou estados quantizados (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011).

Os elétrons mudam de uma órbita para outra por meio de um “salto quântico”, um fenômeno impossível de ser documentado. O elétron simplesmente desaparece de um orbital para reaparecer em outro, sem atravessar o espaço intermediário. É como se uma pessoa subisse ou descesse uma escada simplesmente sumindo de um determinado degrau e aparecendo em outro. Isso pode parecer realmente um disparate, mas acontece (HAZEN; TREFIL, 2005, p.105).

Uma outra consequência do modelo de Bohr é:

O número de elétrons permitidos em cada órbita também é limitado. Os elétrons podem perder ou ganhar energia somente em quantidades que correspondem às diferenças de energia entre esses níveis. Uma analogia pode ser feita com um estacionamento de vários andares, os quais correspondem aos diferentes níveis de energia que o elétron pode ter. Os elétrons, assim como os carros, podem estar apenas em um determinado andar, não entre os andares. Cada andar também tem uma determinada capacidade. Um elétron em um andar pode mover-se para um andar mais alto (desde que haja espaço) se lhe for fornecida energia – por exemplo, o calor do fogo ou uma descarga elétrica. Porém, no átomo, o elétron não permanecerá em sua nova órbita por mais do que uma fração de segundo, e retornará quase que imediatamente ao nível mais baixo. Na transição ou “queda” de um nível mais alto para um mais baixo, é liberada energia na forma de radiação eletromagnética, tal como luz visível ou ultravioleta, ou raios X (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011, p. 479).

Bohr conseguiu calcular a energia necessária para arrancar completamente um elétron de um átomo, a energia de ionização. Seu modelo foi capaz de explicar os raios X emitidos pelos elementos mais pesados, e com as medidas das frequências dos raios X, da luz visível, infravermelho e ultravioleta, os cientistas mapearam os níveis de energia de todos os elementos atômicos (HEWITT, 2011).

O modelo do átomo de Bohr foi superado pela visão mecânico-quântica mais complexa do átomo, porém muitos conceitos como níveis de energia e a transição entre os níveis, permanecem no modelo mais atual do átomo (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011).

3.1.5 O Átomo Quântico

A ideia de que o elétron ocupava apenas alguns níveis de energia deixava os pesquisadores da época perplexos, até mesmo o próprio Bohr. Tal perplexidade era causada porque o elétron era considerado uma minúscula esfera que circulava em torno do núcleo, como os planetas girando em torno do Sol. Sendo assim, ele poderia ser localizado a qualquer distância do núcleo e emitir luzes com todas as possíveis energias. Não é isso, porém, que foi visto nos experimentos com espectroscopia: os elétrons ocupam níveis discretos de energia e devem ser entendidos não como uma partícula e sim como uma onda (HEWITT, 2011).

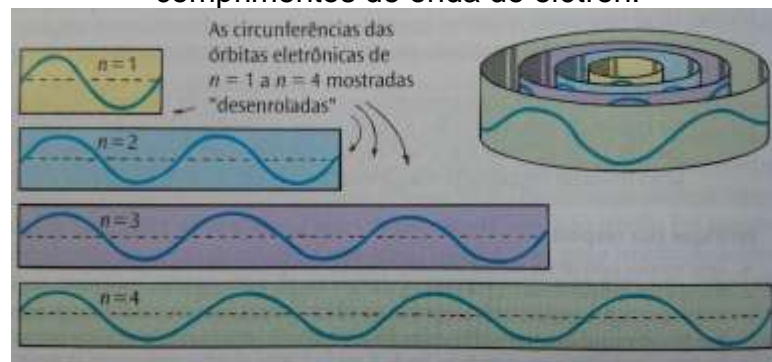
O conceito de onda de matéria foi introduzido em 1924 por Louis de Broglie, em que ele afirma que uma onda está associada com cada partícula, comportando-se como as outras ondas; elas podem ser refletidas, refratadas, difratadas e causar interferência. Usando a ideia de interferência, de Broglie conseguiu explicar os valores discretos para os raios das órbitas de Bohr (HEWITT, 2011).

Usando a ideia de interferência, de Broglie mostrou que os valores discretos dos raios das órbitas de Bohr são uma consequência natural de onda de elétrons, ou eletrônica, estacionárias. Existe uma órbita de Bohr onde uma onda eletrônica fecha-se sobre si mesma, interferindo construtivamente consigo mesma. A onda eletrônica torna-se, então uma onda estacionária como a que existe na corda vibrante de um instrumento musical. Nessa visualização, o elétron é concebido não como sendo uma partícula localizada em algum ponto dentro do átomo, mas como se sua massa e sua carga estivessem espalhadas em uma onda estacionária circundando o núcleo atômico – com um número inteiro de comprimentos de onda

ajustando-se exatamente às circunferências das órbitas (HEWITT, 2011, p. 578).

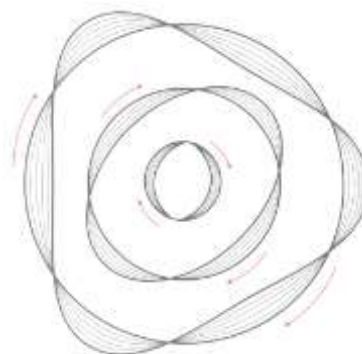
Desta forma, o elétron não é visto como sendo uma partícula localizada em algum ponto dentro do átomo, mas como se sua carga estivesse espalhada em uma onda estacionária circundando o núcleo atômico (Figura 9 e 10) (HEWITT, 2011).

Figura 9 – Figuras simplificadas dos orbitais eletrônicos do átomo e dos comprimentos de onda do elétron.



Fonte: Hewitt (2011, p. 578)

Figura 10 - Vista superior das ondas estacionárias dos elétrons do modelo de Louis de Broglie



Fonte: Hewitt (2011, p. 578)

Segundo Hewitt (2011, p. 578):

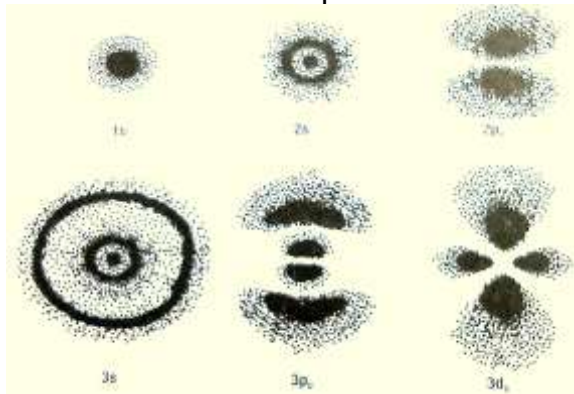
No modelo atômico ainda mais moderno, as ondas eletrônicas movem-se não apenas ao redor do núcleo, mas também dentro e fora, em direção ao núcleo e para fora dele. A onda eletrônica espalha-se tridimensionalmente. Isso leva a visualização de uma nuvem eletrônica.

Na década de 1920, grandes transformações ocorreram na Física. A natureza corpuscular da luz foi comprovada por experimentos e descobriu-se que as partículas materiais possuem propriedades ondulatórias. Werner Heisenberg em 1927 propôs um modelo em que não havia sentido falar em órbitas definidas para os elétrons, como sugerido pelo modelo atômico de Bohr, conhecido como Princípio da Incerteza. Segundo essa visão indeterminística da natureza, não é possível saber com precisão a posição e a quantidade de movimento de uma partícula ao mesmo tempo. Com isso surgiu um novo modelo para o átomo que estivesse de acordo com a Mecânica Quântica (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013).

Erwin Schrödinger conseguiu formular uma equação de como as ondas materiais mudam sob a influência de forças externas. A equação fornece um modelo matemático, mais do que um modelo visual do átomo. A equação de Schrödinger dá as probabilidades de encontrar o elétron em uma determinada região. O valor 0 (zero) dessa probabilidade indica que algo jamais é possível, e o valor 1 (um) indica que é de ocorrência certa (Figura 11).

De acordo com Hewitt (2011, p. 579), “um elétron particular pode ser detectado, em diversas tentativas, em qualquer lugar dentro dessa nuvem de probabilidade; ele tem até mesmo uma pequena, mas finita probabilidade de existir temporariamente dentro do núcleo”.

Figura 11 – Órbitas quânticas para cada nível de energia em um átomo. As regiões escuras indicam maior probabilidade de encontrar um elétron.



Fonte: Artuso e Wrublewski (2013, p. 282)

Os modelos atômicos modificaram-se muito ao longo dos tempos. Na primeira vez em que foi sugerido, não passava de uma ideia defendida por alguns filósofos gregos. Com Dalton, o modelo de átomo passou a ser melhor aceito

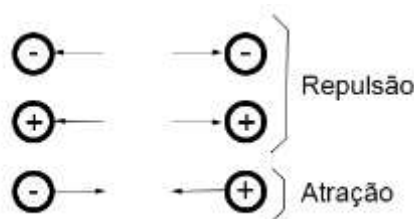
na comunidade científica, mas ainda muito limitado na sua capacidade de explicar fenômenos físicos e químicos. Thomson “dividiu” o átomo, Rutherford e Bohr tentaram pôr as partículas em seus devidos “lugares” e a mecânica quântica tenta explicar o comportamento dessas partículas, muitas vezes estranho a nossa visão macroscópica de mundo.

3.2 LIGAÇÃO ENTRE ÁTOMOS

Todos os materiais que podemos observar macroscopicamente ao nosso redor, são definidos pelos tipos de ligações que ocorrem entre os diversos átomos. As ligações mais comuns são a iônica, covalente e metálica. As propriedades de todos os materiais, magnéticas, flexíveis, pegajosos ou verdes, resultam da infinita variedade de modos como os átomos podem ser dispostos e ligados entre si. Os átomos formam ligação química entre si quando seus elétrons da camada de valência se rearranjam de tal maneira que cada átomo é levado a sentir uma força de atração. A força de atração entre as cargas positivas e negativas é o que mantém tudo que existe unido (HAZEN; TREFIL, 2005).

Os prótons possuem carga elétrica positiva e o elétron negativa, já o nêutron não possui carga elétrica. Entre cargas elétricas de mesmo sinal, há uma força de repulsão e entre cargas elétricas de sinais contrários, força de atração (Figura 12).

Figura 12 – Forças de atração e repulsão entre cargas elétricas.

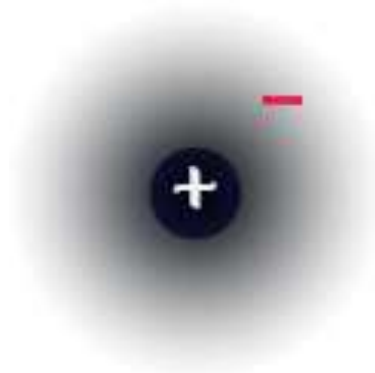


Fonte: Elaborada pelo autor (2015)

Utilizando as figuras a seguir, podemos analisar eletricamente o que ocorre entre dois átomos de hidrogênio. Considerando o átomo de hidrogênio formado por um próton, no núcleo, e um elétron, em uma região ao redor do núcleo (Figura 13) e analisando uma posição qualquer do elétron em um dado momento

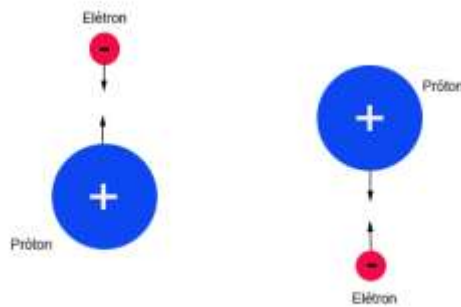
(Figura 14a), sabemos que o núcleo exerce força de atração sobre o elétron em cada átomo (Figura 14b) e que há também interação entre os dois átomos. Os dois núcleos se repelem e os elétrons também (Figura 14c), porém há forças de atração entre o núcleo de um átomo e o elétron do outro átomo (Figura 14d), formando um conjunto de forças de repulsão e atração (Figura 14e). A distância entre as cargas afeta o valor de cada uma dessas forças. Quando os átomos se aproximam muito um do outro, as forças de repulsão são maiores que as de atração e, quando se afastam, as forças de atração são maiores que as de repulsão. Para o hidrogênio, as forças se equilibram quando os dois átomos estão razoavelmente próximos. A essa distância, acreditamos que eles estão tão próximos que dizemos que há um compartilhamento dos elétrons (Figura 15), formando uma ligação covalente (CONFIGURAÇÕES, 2013).

Figura 13 - Representação do átomo de hidrogênio

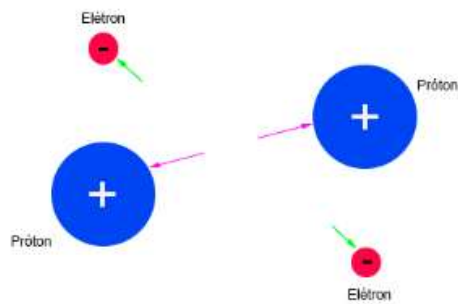


Fonte: Elaborada pelo autor (2015)

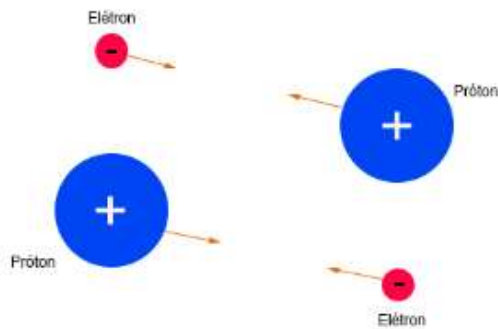
Figura 14 – (a) Força elétrica de atração entre próton e elétron do mesmo átomo de hidrogênio.



(b) Força de repulsão entre prótons e elétrons dos dois átomos de hidrogênio.



(c) Força de atração entre prótons e elétrons de átomos diferentes de hidrogênio.



(d) Conjunto de força envolvido na interação entre dois átomos de hidrogênio.

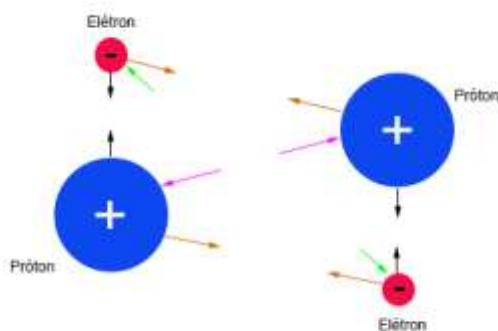
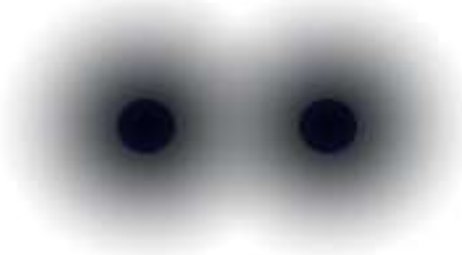


Figura 15 – Ligação entre dois átomos de hidrogênio



Fonte: Elaborada pelo autor (2015)

Em qualquer tipo de ligação, covalente, iônica, metálica, o que ocorre é um equilíbrio entre cargas positivas e negativas dos muitos átomos envolvidos.

As propriedades dos materiais são caracterizadas pelo tipo de ligação que eles possuem, como, por exemplo, dureza, elasticidade, viscosidade, brilho, transparências, entre outras.

3.3 O CONCEITO DE ENERGIA

No mundo em que vivemos hoje, muito se fala sobre energia: produção, consumo, economia, fontes alternativas. Mas, afinal, o que é energia? Para Hinrichs, Kleinbach e Reis (2011, p. 47), “teríamos uma definição melhor de energia se pensássemos nela como a capacidade que alguns materiais têm, sob certas condições, de realizar tarefas úteis”.

Apesar de no dia a dia presenciarmos diversos tipos de energia como química, nuclear, térmica, luminosa e elétrica, no nível submicroscópico, todos os tipos de energia são exemplos de energia cinética ou potencial (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011). A energia cinética (EC), está associada ao movimento e depende de sua massa, bem como da sua velocidade (Figura 15). Segundo Hewitt (2011, p. 106), “ela é igual ao produto da massa pelo quadrado da velocidade, multiplicado pela constante $\frac{1}{2}$ ”.

$$\text{Energia cinética} = \frac{1}{2} \text{ massa} \times \text{velocidade}^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$$

Figura 16 - Energia cinética está associada à massa e à velocidade.



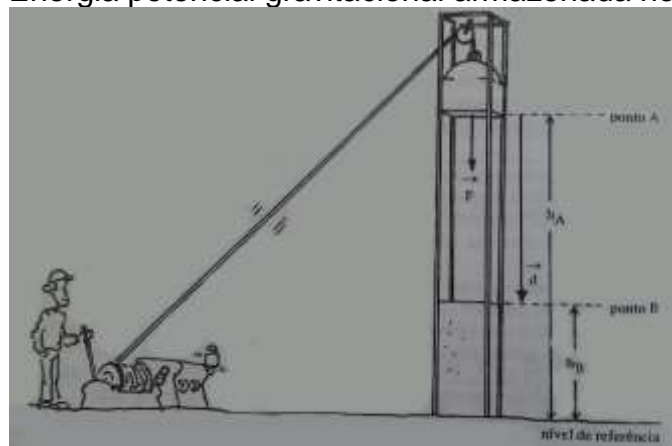
Fonte: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (2001, p. 113)

De acordo com Hewitt (2011, p. 105), “Um objeto pode armazenar energia devido à sua posição. A energia armazenada e mantida pronta para ser usada é chamada de energia potencial (EP), porque no estado de armazenamento ela tem potencial para realizar trabalho”. Com o intuito de se ter uma grande energia potencial armazenada, as usinas hidrelétricas constroem barragens para armazenar a água. O simples fato de elevarmos um objeto a uma determinada altura, estaremos lhe fornecendo energia potencial chamada de gravitacional, como, por exemplo, um martelo que bate em um prego ou um bate-estaca utilizado em perfuração (Figura 17).

Energia potencial gravitacional = peso x altura

$$EP = m.g.h$$

Figura 17 – Energia potencial gravitacional armazenada no bate-estaca.



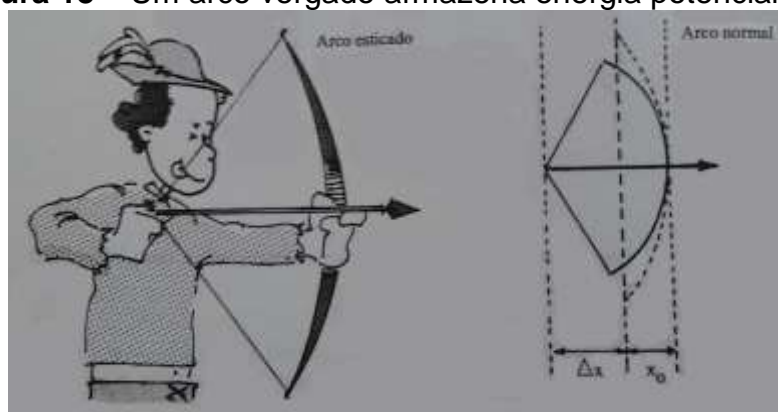
Fonte: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (2001, p. 118)

Quando um arco é vergado (Figura 18) ou a borracha de um estilingue é esticada, também temos um exemplo de energia que pode ser armazenada e que, neste caso, chamamos de energia potencial elástica (EPE).

Energia potencial elástica = $\frac{1}{2}$ constante elástica x deformação

$$EPE = \frac{1}{2} K \cdot x^2$$

Figura 18 – Um arco vergado armazena energia potencial elástica.



Fonte: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (2001, p.136)

Toda matéria, sólida, líquida ou gasosa, é composta por átomos em constante agitação. As partículas da matéria em geral se movem das mais variadas maneiras. Movem-se de um lugar para outro, giram e vibram. Devido a esse movimento aleatório, os átomos da substância possuem energia cinética e a ligação entre os átomos, formando moléculas, faz com que a substância também possua energia potencial, contribuindo para a energia total da substância. A soma de todas as energias no interior da substância é chamada de energia interna (HEWITT, 2011).

3.4 ORGANIZAÇÃO FÍSICA E MOLECULAR DA MATÉRIA

A matéria em nosso meio ambiente apresenta-se basicamente em quatro estados ou fases, sólido, líquido, gasoso e plasma.

Sólido é definido como uma substância que mantém um volume e formas fixos. Suas partículas (átomos, íons ou moléculas) constituintes estão dispostas em um arranjo interno regularmente ordenado, chamado de sólidos cristalinos. Também existe o sólido amorfo, que tem volume e forma fixa, parece com um sólido em aparência e comportamento externo, mas sua estrutura interna

apresenta pouca regularidade, comumente chamado de vidros (RUSSEL, 1994). Diversas características são atribuídas aos sólidos: elasticidade, flexibilidade, ductilidade, fragilidade, dureza e resistência.

No líquido, a distâncias entre suas moléculas é suficiente para adequar-se a qualquer meio, tomando sua forma. As moléculas no estado líquido possuem mais energia do que as moléculas do mesmo material em estado sólido, para uma mesma pressão. Suas partículas estão quase tão próximas quanto nos sólidos, porém mostram ao mesmo tempo um grau de desordem que se assemelha a um gás (RUSSEL, 2006).

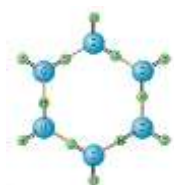
A palavra “gás” tem origem no vocábulo grego *kháos* (Caos). O significado do termo variou muito durante os séculos. Seu entendimento mais comum é como desordem. O gás é a fase da matéria constituída por átomos ou moléculas que fluem e se expandem indefinidamente e preenchem todo o espaço disponível para ele em um movimento permanente e desordenado. Os gases apresentam uma estrutura mais simples que os líquidos e sólidos, pois suas partículas estão mais afastadas e têm menos interação (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013).

Segundo Hewitt (2011, p. 262), “o plasma é a menos comum das fases da matéria em nosso cotidiano, mas é a que prevalece no universo como um todo”. O plasma é um gás eletrizado. Os átomos que o constituem, quando ganham ou perdem elétrons, estão ionizados. Quando o átomo ganha elétrons, dizemos que está eletrizado positivamente (cátions), quando perde elétrons, fica eletrizado negativamente (ânions). Embora o plasma possua elétrons e íons eletricamente carregados, como um todo, é eletricamente neutro, por possuir a mesma quantidade de cargas positivas e negativas. Apesar disso, possui propriedades muito diferentes das dos gases, como conduzir facilmente a corrente elétrica, absorver certos tipos de radiação e sofrer a influência de campos magnéticos (HEWITT, 2011).

Podemos fazer com que uma substância mude de um estado físico para outro fornecendo energia à substância, ou retirando energia. O gelo, por exemplo, é a fase sólida da água, em que as moléculas estão muito mais próximas e mais organizados (Figura 19a). Ao fornecermos energia para o gelo, estaremos aumentando a agitação térmica das moléculas ao ponto em que a estrutura molecular rígida é rompida e passa para a fase líquida, com uma estrutura mais desorganizada (Figura 19b). Adicionando mais energia à água, faremos com que a

agitação das moléculas se torne ainda maior, rompendo a ligação entre as moléculas e fazendo com que se transforme em um gás (Figura 19c). Nesse estado físico, as moléculas se tornam praticamente independentes das ligações com outras moléculas. Se continuarmos fornecendo energia, as moléculas se romperão em íons e elétrons, resultando em um plasma, estado, em que há um rompimento da ligação entre os átomos de hidrogênio e oxigênio formando íons e elétrons livres (HEWITT, 2011).

Figura 19 – Os estados físicos da água são determinados por sua estrutura. (a) sólido. (b) líquido. (c) gasoso. (d) plasma.



(a)

Fonte: Molécula (2015)



(b)



(c)



(d)

4 INTERPRETAÇÃO DADA PELOS ALUNOS SOBRE A NATUREZA DA MATÉRIA

A estrutura da matéria, de longe, parece ser um dos conteúdos mais simples a ser ensinado para a maioria das pessoas, porém é de extrema importância para a compreensão de muitos processos físicos, químicos, biológicos e tecnológicos presentes na vida cotidiana. Pois sem esse conhecimento, a participação de forma crítica nas decisões envolvendo aplicações tecnológicas ficam limitadas, pois não teremos opiniões seguras para defender nosso ponto de vista.

Na visão de Pozo e Crespo (2009, p. 14):

Espalha-se entre os professores de ciências, especialmente nos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio, uma crescente sensação de desassossego, de frustração, ao comprovar o limitado sucesso de seus esforços docentes. Aparentemente, os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem.

Em pesquisa realizada, Lima, Silva e Matos (2010) levantaram as concepções de alunos do Ensino Médio acerca da estrutura da matéria, por meio de atividades que consistiam na proposição de representações pictóricas e questionário. A pesquisa foi realizada com 24 alunos de uma sala de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola particular e com 64 alunos de duas salas de segundo ano de uma escola pública. Com o levantamento dos dados, perceberam a incompreensão das analogias presentes em cada modelo atômico e o não entendimento do que o modelo tenta representar e explicar. Os autores destacam a notável fragmentação do aprendizado relacionado à atomística, chamando a atenção para como a fragmentação do aprendizado afeta as relações entre conteúdos em que a atomística é a base para o conhecimento.

Pesquisa realizada por Melo e Lima Neto (2013) procurou verificar a capacidade dos alunos em utilizar os modelos atômicos para explicar modelos cotidianos. Os sujeitos da pesquisa foram dois licenciandos do penúltimo semestre do curso de Licenciatura em Química da UFS, que elaboraram e aplicaram um projeto de ensino envolvendo modelos atômicos e relataram para seus colegas e professora da disciplina Estágio Supervisionado os avanços e dificuldades na aplicação da proposta. O projeto de pesquisa foi aplicado a 32 alunos com idade

entre 14 e 18 anos, de ambos os sexos, a alunos de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública em Aracaju, durante nove encontros de 45 minutos cada um.

Uma questão avaliada é a concepção dos estudantes do que é átomo. A maioria dos alunos (62%) comparou o átomo com uma bolinha e 38% utilizaram o termo partícula. Os pesquisadores concluíram que o modelo predominante na mente dos alunos é o modelo de Dalton, mesmo tendo visto os modelos de Thomson, Rutherford e Bohr. Outra questão abordada com os alunos é a causa das cores nos fogos de artifício. Analisando as respostas obtidas, percebeu-se que 91% dos alunos vincularam a coloração emitida pela queima dos fogos de artifício a corantes e não ao retorno do elétron para níveis mais baixos de energia e a consequente emissão de fótons explicada pelo modelo de Bohr. Os alunos possuem uma grande dificuldade na elaboração de modelos mentais para a compreensão de fenômenos químicos e físicos, é necessário pensar uma nova forma de mediar as suas dificuldades (MELO; LIMA NETO, 2013).

Para Pozo e Crespo (2009), quando se utiliza o modelo corpuscular, isto é, formado por partículas, como os elétrons e prótons, uma parte importante dos indivíduos enfrentar dificuldades na hora de entender a matéria como descontínua e utilizar o modelo em suas explicações. Independentemente do grau de instrução recebido, nos estudos realizados, as pessoas com mais idade citam mais frequentemente o modelo corpuscular, porém não há diferença significativa em seu uso entre adolescentes que cursam estudos científicos e os que não cursam.

No mundo macroscópico, percebemos a matéria inerte, em repouso. Só percebemos uma alteração quando um agente atua sobre ela. Quando se faz necessária uma interpretação submicroscópica das partículas, que estão em contínuo movimento e interação, grandes dificuldades conceituais são geradas, principalmente com as substâncias no estado sólido. Os alunos têm dificuldade em diferenciar movimento intrínseco das partículas que compõem o material do movimento aparente desse mesmo material. A compreensão do movimento intrínseco das partículas é difícil e, mesmo com uma instrução científica, não há garantias de que o aluno tenha entendido adequadamente (POZO; CRESPO, 2009).

Cirino (2009) investigou as dificuldades relativas a reações químicas e à estrutura da matéria entrevistando alunos da primeira, segunda e terceira séries do Ensino Médio de escolas públicas, totalizando 1414 alunos. Com relação à estrutura da matéria, 70% dos alunos não escreveram nada sobre o tema, 14%

indicaram apenas a presença das três partículas fundamentais e 16% manifestaram concepções incorretas do tipo: “estrutura atômica é a distribuição dos elementos atômicos na eletrosfera; é a estrutura da molécula; é a forma de representar uma reação química; é o número de átomos de um elemento”. Ciniro (2009) aponta que, segundo os alunos, a principal dificuldade é a forma como os professores abordam o assunto no nível submicroscópico, sendo necessária uma reformulação da forma como o conteúdo é apresentado, normalmente com aulas expositivas.

França, Marcondes e Carmo (2009), analisando e categorizando as concepções dos alunos em relação à estrutura atômica e à formação de íons, realizaram uma pesquisa em quatro escolas da rede pública estadual do estado de São Paulo, totalizando 211 alunos pesquisados, sendo 136 alunos do período matutino e 75 alunos do período noturno. Em uma questão abordada na pesquisa, foi pedido que os alunos elaborassem um desenho com base em seus conhecimentos mostrando como eles imaginam ser um átomo, indicando as partes que o constituem. Essa questão foi respondida por 209 dos 211 alunos participantes e 63,4% deles não identificaram em seus modelos o núcleo e a eletrosfera do átomo. Para os pesquisadores, isso indica que, apesar de as palavras núcleo e eletrosfera aparecerem frequentemente nos modelos escolares, os alunos não as consideram em seus modelos de átomo, apresentando grandes dificuldades em representar a estrutura do átomo e uma confusão de conceitos.

A descontinuidade da matéria e a noção de vazio, na opinião de Pozo e Crespo (2009, p. 154), “[...] são praticamente imunes à instrução científica, tal como é ministrada normalmente, por mais intensa e contínua que seja”. A ideia de vazio é mais utilizada para representar a matéria no estado gasoso, tendo o líquido um nível de dificuldade intermediário. Tratando-se de materiais sólidos, é difícil aceitar a ideia de vazio entre suas partículas.

Investigando as concepções alternativas dos alunos do comportamento das partículas de água, movimentação e organização, nos três estados físicos, Gomes e Farias (2008) realizaram uma pesquisa em uma escola estadual localizada em Sobral-CE com 16 alunos de uma turma do primeiro ano vespertino, com idades entre 14 e 16 anos. Os alunos responderam um questionário com duas perguntas que abordavam o conteúdo, que já havia sido trabalhado pela professora da turma. Foi pedido aos alunos que representassem, utilizando o símbolo “O”, a organização das moléculas de água nos estados sólido, líquido e

gasoso e uma outra questão em que eles comentassem o movimento das partículas em cada estado. Analisando as respostas, verificou-se que os 16 alunos possuem erros conceituais, mesmo após terem visto o conteúdo sobre os estados físicos da matéria em sala de aula. Dos alunos pesquisados, 18,8% representaram a água no estado sólido como partículas com formato quadrado (cubo de gelo), atribuindo características macroscópicas às partículas, e 6,3% representaram um aumento de volume das partículas presentes no estado gasoso. Na explicação para o movimento das partículas, observou-se que 50% da turma possui a concepção de que só existe movimento nos estados gasoso e líquido, ou seja, no sólido as partículas ficam estáticas.

Em estudo realizado em duas escolas públicas do município de Diamantina-MG, em turmas das três séries do Ensino Médio matutino, classificadas em escola A e B, Barbosa, Diniz e Araujo (2015) realizaram um estudo com o objetivo de levantar as concepções alternativas dos estudantes relacionadas a mudanças de estado físico. Buscavam avaliar, por meio de um questionário, se átomos, partículas, compressibilidade de gases e mudança de estados físicos eram evidenciados nas concepções alternativas.

Na escola A, turmas de primeiro, segundo e terceiro ano foram pesquisadas, totalizando noventa questionários. A partir dos dados, perceberam que 24% dos alunos do 1º ano, 7% dos alunos do 2º ano e 68% dos alunos do 3º ano têm a ideia de espaço vazio entre as partículas do material. Na escola B, com turmas de primeiro e segundo ano, foram analisados 48 questionários, e constatou-se que 7% dos alunos do 1º ano e 60% dos alunos do 2º ano também possuem esse ponto de vista.

Os pesquisadores observaram que, de maneira geral, as noções sobre os estados físicos da matéria apresentam alternativas diversas, porém a do estado sólido é a que mais se distancia do conhecimento científico, pois os alunos concebem o sólido como algo inteiro, sem espaços vazios.

Por meio dos resultados das pesquisas apresentadas, podemos perceber que, mesmo tendo passado por instruções anteriores, as concepções alternativas são difíceis de serem superadas. Para Pozo e Crespo (2009), isso ocorre porque os alunos defrontam-se com um grande número de leis e conceitos novos muito abstratos, precisando estabelecer conexões entre os conceitos e os

fenômenos estudados utilizando uma linguagem altamente simbólica que ajude a representar aquilo que não é observável.

Ensinar conceitos tão abstratos exige muito da criatividade do professor em elaborar situações de ensino que promovam a superação dos conceitos incoerentes cientificamente utilizados pelos alunos. Conhecer como pensam, suas dificuldades e origem mais prováveis pode nos dar um indicativo de como melhorar essa aprendizagem.

Segundo Pozo e Crespo (2009), referindo-se as mudanças da matéria, é necessário compreender mecanismos subjacentes relacionados à interação entre as partículas. Mesmo tendo passado por uma instrução específica, somente os adolescentes mais velhos, dos últimos anos do Ensino Médio, utilizam com mais frequência explicações baseadas nesse modelo, e mesmo assim com sérias dificuldades conceituais. Os alunos mais jovens raramente as utilizam. Em algumas situações, como quando se dissolve uma gota de tinta na água, os alunos procuram utilizar a teoria cinético-molecular, pois consideram como interação entre duas substâncias. Tratando-se da evaporação da água ou da fusão do gelo, utilizar a mesma teoria fica mais complicado. Pozo e Crespo (2009) afirmam que essa dificuldade em utilizar a teoria cinético-moleculares para explicar, por exemplo, a evaporação da água é porque, além de compreender o movimento intrínseco das partículas, outras variáveis externas, como temperatura e distribuição das partículas, devem ser inseridas, tornando o sistema mais complexo.

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo realizou uma pesquisa de abordagem qualitativa, classificada como descritiva e interpretativa. Segundo Richardson (2008, p. 90):

A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos.

Segundo Stake (2011), o estudo qualitativo possui algumas características especiais, como ser interpretativo, o pesquisador em campo manter-se receptivo para reconhecer situações impensáveis inicialmente, as descobertas serem frutos da interação entre o pesquisador e o sujeito. O estudo qualitativo é experiencial. O pesquisador esforça-se para não interferir nem manipular os dados. O estudo é situacional, isto é, defende que cada local e cada momento possuem características específicas se opondo a generalizações. O estudo qualitativo é personalístico, buscando o ponto de vista das pessoas, estruturas de referência, compromissos de valores.

Apenas a observação em si só não é suficiente para construir os conhecimentos de que a ciência se serve. Os resultados da observação devem ser cuidadosamente registrados para que o interlocutor ou leitor seja capaz de visualizar exatamente aquilo que o pesquisador observou (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). Com esse propósito, nossa pesquisa também é descritiva, pois, segundo Gil (1999, p. 44), “as pesquisas deste tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis”

5.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada no ano de 2015, em uma escola estadual, situada na região central da cidade de Londrina, com uma turma de alunos do segundo ano do Ensino Médio matutino, totalizando 34 alunos com idades entre

16 e 18 anos e com uma carga horária de duas aulas semanais de 50 minutos cada uma, totalizando 30 aulas. Para a realização da pesquisa, utilizamos o espaço da sala de aula e sala de vídeo. A pesquisa foi realizada com o consentimento da direção da escola, porém mantendo a anonimato da instituição e dos alunos.

Nesse ano escolar, vários conceitos de física exigem uma compreensão submicroscópica da matéria, visão que será também muito utilizada no ano seguinte com o conteúdo estruturante eletromagnetismo. Como descrito pelas Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) (PARANÁ, 2008), o conteúdo estruturante de Física do 2º ano do Ensino Médio é termodinâmica. Conceitos como temperatura, calor, entropia, dilatação térmica, mudanças de fase, estados físicos da matéria, entre outros, são trabalhados, exigindo uma visão macro e submicroscópica do comportamento da matéria. Escolhemos realizar a pesquisa em uma turma do segundo ano pelo fato de os alunos já terem tido acesso, no nono ano, aos conteúdos que envolvem estrutura da matéria, como átomos, moléculas e substâncias, e, no primeiro ano do Ensino Médio, aos modelos atômicos e ligações químicas. A escolha dessa classe foi feita porque o pesquisador também é professor da turma e, na confecção do horário, a turma ficou com uma aula na terça-feira e outra na sexta-feira, havendo assim um intervalo de tempo hábil para possíveis modificações ou adaptações do conteúdo quando necessário.

5.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETAS DE DADOS

Para facilitar a compreensão do leitor, dividimos a aplicação da UEPS em três etapas que se seguem:

Etapa 1 (E1): Aplicação de um questionário para identificação dos subsunçores dos alunos que participaram da pesquisa.

Definido o conteúdo que seria abordado com os alunos, no primeiro passo da UEPS, propusemos uma atividade em que os estudantes pudessem expressar seus subsunçores sobre o conteúdo. Utilizamos, inicialmente, como instrumento para obtenção dos dados, um questionário com duas questões subjetivas relacionadas com a natureza atômica da matéria, que os alunos responderam individualmente, empregando textos e/ou desenhos, concluindo, assim, o segundo passo da UEPS.

Etapa 2 (E2): Intervenção com as UEPS entre grupos de alunos e com a participação do pesquisador.

Esta etapa compreende do terceiro ao sétimo passo da UEPS. Concluindo o terceiro e o quarto passo da UEPS, sugerimos que, em grupo, os alunos descrevessem por meio de uma simples história como ocorreu o avanço dos modelos atômicos, destacando causalidades, conflitos, complicações e ações para que isso ocorresse com os modelos.

Finalizando o quinto, o sexto e o sétimo passo da UEPS, aplicamos, um questionário com questões abertas, envolvendo os conteúdos trabalhados nesses passos da UEPS que deveria ser respondido em dupla. As respostas foram analisadas e tabuladas procurando evidenciar as coerências científicas relatadas.

Etapa 3 (E3): Avaliação da aprendizagem dos alunos através da aplicação da UEPS.

No oitavo passo, procuramos evidências da aprendizagem significativa e êxito da UEPS na narrativa, nos registros e desenhos dos alunos. Utilizamos para isso uma proposta feita por Lemos e Moreira (2011), em que sugere como atividade de transferência a elaboração de uma carta, na qual os estudantes podem expressar seus conhecimentos numa nova situação e utilizar uma linguagem pessoal.

5.4 DESCRIÇÃO DOS PASSOS DA UEPS

O primeiro passo da UEPS foi definir o tópico específico que deveria ser abordado, identificando quais conteúdos e aspectos declarativos e procedimentais seriam trabalhados.

O segundo passo da UEPS foi saber quais eram os subsunçores dos alunos sobre o conteúdo a ser trabalhado. Para isso, elaboramos um questionário com questões subjetivas que eles poderiam responder com texto e/ou desenho sobre o tema, tendo assim a liberdade para construir respostas com suas próprias palavras. Para isso, utilizaram o tempo de uma aula.

No terceiro passo da UEPS, o professor deve propor situações-problema em nível bem introdutório, preparando o terreno para o conhecimento que se pretende ensinar, mas ainda sem dar respostas. Com a análise das respostas

das concepções dos alunos sobre a Estrutura da Matéria, abrimos uma discussão no grande grupo, para que pudessem compartilhar suas opiniões e fizessem alguns questionamentos. Iniciamos os trabalhos com um texto como organizador prévio, conforme é possível verificar no (ANEXO A) deste trabalho, sobre elementos químicos e moléculas (HEWITT, 2011). O intuito era diferenciar um conceito do outro, pois muitos alunos se confundiam no momento de classificá-los, e alguns acreditavam que as moléculas formavam os átomos e não o contrário.

Dando continuidade ao terceiro passo da UEPS, nas aulas seguintes, utilizando vídeos como recursos didáticos, (ANEXO D), abordamos o conteúdo sobre a evolução dos modelos atômicos, sempre com pausas para dar destaque ao tópico de maior relevância, discutindo os avanços e os problemas enfrentados pelo novo modelo proposto. Para não confundir os alunos com a grande quantidade de modelos sugeridos ao longo da história da evolução dos átomos, após a apresentação do modelo dos gregos, de Dalton e de Thomson, fizemos uma retomada, no grande grupo, para a discussão das contribuições de cada um, destacando as dificuldades dos modelos anteriores frente às novas descobertas que acabaram levando à sua modificação. Para avaliar a compreensão dos alunos sobre esses modelos atômicos, realizamos uma avaliação, em dupla, e analisamos a seguinte questão: *Os recentes “apagões” verificados no Brasil, sobretudo no Rio de Janeiro, mostram a grande dependência da sociedade atual em relação à energia elétrica. O fenômeno da eletricidade só pode ser explicado, no final do século XIX, por meio de experiências em tubos, contendo um polo positivo e outro negativo, sob vácuo. Tais experimentos resultaram no modelo atômico de: a) Bohr. b) Dalton. c) Rutherford. d) Thomson.* (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, 2010).

Prosseguindo com os modelos atômicos, apresentamos o modelo de Rutherford, Bohr e o modelo quântico. Continuamos utilizando vídeos, com diferentes abordagens sobre os modelos, complementamos a apresentação com vídeos específicos sobre o modelo de Bohr, mostrando o teste da chama, a difração da luz, em um CD, produzida por diversas fontes de luz, fenômeno explicado inicialmente por este modelo. Discutimos com o grande grupo que o modelo de Bohr foi o “divisor de águas” entre a chamada física clássica e a física moderna, pois, para dar credibilidade a seu modelo e ao resultado dos experimentos sobre

espectroscopia, alguns conceitos da física, tão fortes até o momento, apresentavam problemas e deveriam ser modificados.

Finalizando o terceiro passo da UEPS, foi pedido aos estudantes que fizessem um trabalho, em grupo, sobre a evolução dos modelos atômicos, que seria apresentado com total liberdade, embora algumas sugestões tenham sido dadas, como vídeos, painéis, músicas, entre outras. Foram orientados que o prazo para apresentação era de uma semana e que deveriam dar destaque aos pontos chave, como, por exemplo, as contribuições do modelo proposto e as limitações que levaram à sua superação. Foram utilizadas três aulas para as apresentações. Na aula seguinte às apresentações, realizamos uma avaliação, em grupo, com os integrantes que expuseram os trabalhos, com o objetivo de averiguar o aproveitamento dos jovens na finalização desse passo da UEPS. Foi pedido que os grupos realizassem a seguinte atividade: *Descreva por meio de uma simples história como ocorreu a evolução dos modelos atômicos, destacando causalidades, conflitos, complicações e ações para que ocorresse a evolução dos modelos atômicos.*

No quarto passo, uma vez trabalhadas as situações iniciais, é o momento de apresentar o conteúdo a ser ensinado, dando uma visão geral do todo e, depois, indo para aspectos mais específicos. Nesse momento iniciamos a exposição dos conteúdos, possibilitando, assim, a aprendizagem por recepção, conforme Ausubel (1980). Fizemos a leitura e a discussão do texto (HEWITT, 2011), (ANEXO B), destacando algumas características dos átomos, como: são incrivelmente pequenos, numerosos, estão em perpétuo movimento e não têm idade. Para isso, utilizou-se uma aula de cinquenta minutos.

Na aula seguinte, iniciamos o quinto passo da UEPS, no qual foi proposta a seguinte situação-problema: *como os átomos se ligam?* Foi dado um tempo para que os alunos pudessem expressar suas opiniões. Utilizamos *slides* para apresentar uma importante propriedade das partículas básicas formadoras do átomo, a carga elétrica. Discutimos como cargas iguais e diferentes se comportam umas na presença das outras. Para isso, utilizamos o diagrama de forças representado na Figura 11. Uma experiência com materiais de baixo custo, canudos e papel toalha, foi feita para demonstrar em escala macroscópica tal propriedade. A utilização de vídeos e *slides* possibilitou aos alunos a análise das ligações entre dois átomos de hidrogênio, utilizando como referência a interação das forças elétricas

entre prótons e elétrons dos átomos como mostra a Figura 13. O objetivo não era identificar o tipo de ligação, iônica, covalente ou metálica, e sim os mecanismos envolvidos em qualquer tipo de ligação química, a atração e a repulsão entre cargas elétricas.

Para finalizar o conteúdo, apresentamos uma simulação, em datashow, sobre interações atômicas (INTERACÇÕES, 2015). Nessa simulação podemos visualizar a aproximação e o afastamento de dois átomos, de mesmo elemento ou não, e observar a força atrativa resultante, quando os átomos estão “distantes”, ou repulsiva, quando estão muito “próximos”, e a dificuldade, instabilidade, para que os átomos não se movimentem. Pequenas variações de energia podem causar vibrações nos átomos.

Ao abordarmos o conceito de energia, os alunos foram divididos em grupos e receberam imagens, (ANEXO C), com diversas situações envolvendo energia cinética, energia potencial gravitacional, energia potencial elástica ou mais de um tipo de energia na mesma figura, porém essas características não foram divulgadas para eles. As figuras traziam exemplos de geradores eólicos, moinhos de vento, rodas d'água, trem a vapor, montanha russa, carros de corrida, amortecedores de carro, rede de proteção de circo, palhaço de mola, cama elástica, estilingue, homem bala e disparo com arma de fogo. Foi pedido que separassem as imagens em conjuntos com características envolvendo conceitos físicos que achavam semelhantes.

Iniciamos a aula com a seguinte questão: *o que é energia?* A classe foi motivada a expressar sua ideia sobre o conceito de energia. Discutimos, no grande grupo, a definição de energia e que todos os tipos de energias existentes se derivam da energia cinética e potencial. Utilizamos *slides* para apresentar exemplos específicos dessas energias e algumas equações que as representam, sem evidenciar os cálculos, apenas as variáveis envolvidas. Utilizando as mesmas imagens que os alunos separaram, retomamos, no grande grupo, a discussão para que pudessem identificar qual ou quais energias estavam envolvidas nas figuras.

Na aula seguinte iniciamos o sexto passo. Retomamos os conceitos sobre energia já trabalhados, destacando que, a todo instante, ocorre uma transformação de um tipo de energia em outra. Apontamos, por meio de *slides*, como as partículas estão organizadas em um material sólido cristalino, dando uma visão submicroscópica da matéria nesse estado físico, expusemos propriedades

macroscópicas dos sólidos, como: elasticidade, flexibilidade, ductilidade, fragilidade, dureza e resistência. Utilizando como exemplo o grafite e o diamante, substâncias formadas pelo mesmo tipo de átomo, discutimos o fato de terem características tão diversas simplesmente por seus átomos possuírem uma organização estrutural (ligação) diferente.

Seguimos a apresentação por meio dos *slides* e com o grande grupo as características dos líquidos, gases e plasma. Ressaltamos a organização molecular das partículas no estado líquido, que se assemelha com os sólidos quanto à proximidade entre elas, embora expressem uma desorganização. No aspecto macroscópico destacamos que os líquidos se adaptam a qualquer meio, tomando sua forma, possuem viscosidade intermediária, resistência ao escoamento, menos que os sólidos, contudo maior que os gases. Nos gases, porém, as moléculas que estão em constante movimento interagem muito pouco, expandem indefinidamente e preenchem todo o espaço disponível para eles e são compressíveis. No estado de plasma, temos um gás eletrizado, cujos átomos perdem ou ganham elétrons, fazendo com que o plasma possua características diferentes das dos gases. Demostramos, utilizando *slides*, como os átomos são ionizados e demos alguns exemplos de aplicação do plasma: lâmpadas fluorescentes, telas de TV.

Com simulações em datashow, apresentamos como é a dinâmica das partículas, nos estados sólido, líquido e gasoso, de substâncias como neônio, argônio, oxigênio e água (STATES, 2015). Na simulação, é possível mudar a quantidade de energia recebida ou cedida pela substância, exibindo a diminuição e o aumento na velocidade das moléculas e as mudanças de estado.

Para finalizarmos o sexto passo da UEPS, foi realizada uma revisão geral com o grande grupo. Retomamos, por meio de *slides*, a evolução dos modelos atômicos, por que os átomos se ligam, interação entre os átomos, energias, estados físicos da matéria e mudança de estado.

Concluindo o sétimo passo, realizamos uma avaliação em dupla, com duas questões subjetivas que envolvessem os conteúdos trabalhados na metodologia.

No oitavo passo da UEPS, elaboramos uma questão que contivesse aspectos que pudessem evidenciar a transferência de significados diante de todos os conceitos trabalhados e discutidos durante a realização da proposta.

Realizamos a atividade de transferência com o propósito de avaliar individualmente os alunos e a própria UEPS. A atividade foi realizada com todos os alunos, mas apenas os estudantes que participaram de todos os passos da UEPS foram avaliados. A questão proposta para os estudantes foi: *Olá, sou uma molécula de água, como você sabe sou formada por um átomo de oxigênio e dois de hidrogênio. Moro no Polo Norte, estou aqui no estado sólido há tantos anos que nem me lembro se já existi em outro estado físico, mas tenho escutado algumas conversas de que, devido a um tal aquecimento global, corro o risco de, junto com as minhas amigas moléculas, que vivem “juntinhas” de mim, passar para o estado líquido e até virar um gás, e estou com medo do que possa vir a acontecer. Gostaria que você explicasse, com o maior número de detalhes possível, afinal não sou muito boa em Física e Química, por que eu vou mudar de estado físico e o que vai acontecer comigo e minhas amigas durante as transformações para o estado líquido e gasoso? Não querendo abusar da sua boa vontade, pode me explicar como eu posso voltar para o estado físico em que eu estou hoje?*

Quatro fatores nortearam a análise dos textos produzidos pelos alunos: a organização das moléculas nos diferentes estados, o *continuum* durante a mudança de estado, a agitação das moléculas e a energia que faz com que a água mude de um estado físico para outro.

Na organização das moléculas, procuramos nas palavras dos alunos evidências de que, no estado sólido, as moléculas estão mais bem organizadas entre si, nos líquidos esta organização é menor, porém ainda existe e, no estado gasoso, a organização deixa de existir.

Em relação ao *continuum*, procuramos indícios destacados pelos alunos que apontem a possibilidade da passagem do estado sólido para o líquido e para o gasoso, mostrando que o processo inverso, de gasoso para líquido e de líquido para sólido, também pode ocorrer.

A matéria, muitas vezes, mesmo parecendo imóvel aos nossos olhos, está em constante movimento, independentemente do estado físico, sólido, líquido ou gasoso. Procuramos evidências dessa propriedade nos textos dos alunos.

Basicamente, os fatores que influenciam o estado físico da matéria são a pressão e a temperatura, entretanto o que faz a substância mudar de estado físico é a perda ou o ganho de energia (calor). Para os alunos, diferenciar temperatura e calor não é algo simples.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Depois que definimos Estrutura da Matéria como conteúdo a ser ministrado utilizando a UEPS, propusemos um questionário com duas questões. As respostas às questões foram classificadas em grupos: coerentes, aquelas que trazem o caráter científico melhor elaborado e dentro do objetivo da questão; parcialmente coerentes, que possuem características do conceito científico, mas de forma superficial e ou incompletas em relação aos objetivos da questão e incoerentes, aquelas que estão distantes do conhecimento científico ou fora do objetivo da questão.

O objetivo da primeira questão era saber as representações que os alunos faziam do átomo e averiguar se prótons, nêutrons e elétrons estavam presentes nelas.

Questão 1: A ideia de que a matéria é composta de átomos remonta aos gregos do século V a.C. Podemos quebrar um pedaço de rocha em pedaços, e os pedaços em cascalho fino. Este ainda pode ser moído até virar areia fina, que pode então ser transformada em pó. Para os gregos do século V a.C., havia um pedaço de rocha mínimo, um “átomo”, que não poderia ser dividido ainda mais. Com o maior número de detalhes possível, por meio de texto e/ou desenho, descreva como é o átomo para você. (HEWITT, 2011).

Tabela 1 - Tabulação questão 1

| CATEGORIAS | | CONSIDERAÇÕES | NÚMERO DE ALUNOS | PORCENTAGEM (%) | TOTAL |
|------------|-----------------------|---|------------------|-----------------|-------|
| 1 | Coerente | - Formado por prótons, nêutrons e elétrons. Compõe toda matéria, juntando átomos temos tudo que conhecemos. | 2 | 6,25 | 6,25 |
| 2 | Parcialmente coerente | - Formado por prótons, nêutrons e elétrons. | 3 | 9,37 | 12,49 |
| | | Formado por prótons, nêutrons e elétrons, menor molécula. | 1 | 3,12 | |
| 3 | Incoerentes | - Célula. | 2 | 6,25 | 81,24 |
| | | - Molécula. | 2 | 6,25 | |
| | | - Forma toda matéria. | 15 | 46,87 | |
| | | - Desenho incompleto. | 2 | 6,25 | |
| | | - Não respondeu. | 3 | 9,37 | |
| | | - Pequeno. | 2 | 6,25 | |
| Total | | | 32 | 100,00 | |

Fonte: Elaborada pelo autor, adaptado de Hewitt (2011)

Constatamos por meio dos dados que vinte e seis (81,24%) dos alunos que realizaram a avaliação diagnóstica não conseguiram descrever de forma coerente ou parcialmente coerente as partículas básicas formadoras do átomo. As mesmas características foram encontradas na investigação realizada por Cirino (2009), com relação à estrutura da matéria em que 70% dos alunos não escreveram nada sobre o tema e 16% manifestaram concepções incoerentes. Para França, Marcondes e Carmo (2009), porém, em relação à estrutura atômica, 63,4% dos alunos pesquisados não identificaram em seus modelos o núcleo e a eletrosfera do átomo. Analisando a questão, percebemos que os subsunçores dos estudantes sobre as representações dos átomos e suas partículas básicas são arbitrária e suas explicações não revelam substantividade.

A finalidade da segunda questão era examinar de quais conhecimentos prévios os alunos dispõem para explicar o que acontece com os átomos ou moléculas da água durante a mudança da fase líquida para a gasosa, assim como as energias envolvidas nesse processo.

Questão 2: O que acontece com os átomos da água líquida quando ela é aquecida até que vire um gás e por que isso ocorre? Explique com suas palavras e com o maior número de detalhes.

Tabela 2 - Tabulação questão 2

| CATEGORIAS | CONSIDERAÇÕES | NÚMERO DE ALUNOS | PORCENTAGEM | TOTAL | |
|------------|-----------------------|---|-------------|-------|-------|
| 1 | Parcialmente coerente | - Utilizaram termos como: se separam, distanciam, espalham, agitam, mais longe. | 18 | 56,25 | 56,25 |
| 2 | Incoerente | - Começam a sair. | 1 | 3,12 | 43,73 |
| | | - Dissipam. | 1 | 3,12 | |
| | | - Vaporização. | 8 | 25,00 | |
| | | - Fora do contexto. | 1 | 3,12 | |
| | | - Não respondeu. | 3 | 9,37 | |
| Total | | 32 | 100,00 | | |

Fonte: Autor (2015)

Nessa questão, dezoito estudantes (56,25%) apresentaram em suas respostas termos como: *se separam, distanciam, espalham, agitam e ficam mais longe*. Consideramos que os alunos compreendem que, durante a mudança da fase líquida para a gasosa, a distância entre as moléculas aumenta. Não conseguiram, entretanto, descrever, com maiores detalhes, como ocorre este distanciamento e não citaram as energias envolvidas no processo, por isso consideramos as respostas como parcialmente corretas. Oito alunos (25%) referiram-se ao nome dado à mudança de estado, o que não diz nada sobre o que acontece com as moléculas e as energias necessárias para que ocorra a transformação. Um aluno utilizou expressão “começaram a sair” e outro disse que as moléculas se dissipam. Isso mostra que esses alunos estão utilizando uma visão macroscópica da mudança de estado, provavelmente estão se referindo ao vapor que pode ser visualizado durante o aquecimento da água. Como afirma Mortimer (1995), as observações fenomenológicas dificilmente são explicadas pelos estudantes recorrendo a aspectos atomistas.

Considerávamos que os subsunçores dos alunos referentes à estrutura da matéria e as mudanças de estado físico fossem mais ricos. Afinal o conteúdo já havia sido ministrado no 9º ano do Ensino Fundamental e na disciplina de Química do 1º ano do Ensino Médio. Com isso, não teriam dificuldades em

descrever utilizando modelos atômicos os elementos básicos que compõem o átomo e a organização deles durante a mudança de estado, assim como as energias envolvidas para que possam transitar entre os estados físicos, mas não foi isso que obtivemos nos dados. Identificamos que, em relação aos modelos atômicos e aos elementos constituintes dos átomos, os subsunçores que os alunos possuem são muito pobres de significado, não sendo apropriados para que se pudesse prosseguir no desenvolvimento da UEPS. Ficou evidente a necessidade de uma nova abordagem, uma retomada de conceitos mais abrangentes, como matéria, elementos, substâncias, moléculas, entre outros. Com relação ao comportamento da matéria durante a mudança de fase, 50,25% dos estudantes concordam que a organização estrutural dos átomos ou moléculas é modificada. O conceito de energia, porém, não é utilizado para explicar como ocorrem as mudanças. Nota-se que os subsunçores sobre a organização dos átomos nos diferentes estados físicos existem, mas precisam ser enriquecidos com os conceitos de energia.

Os dados apontam que há uma certa “desorganização” da estrutura cognitiva dos estudantes, por isso aplicamos um organizador prévio sobre elementos, substâncias químicas e moléculas antes de darmos continuidade à UEPS. Durante a discussão do texto no grande grupo, o professor (pesquisador) questionou os alunos se são os átomos que formam as moléculas ou as moléculas que formam os átomos. Os alunos responderam:

- *São os átomos que formam as moléculas.*
- *Todas as substâncias são formadas por átomos.*
- *Os átomos são menores que as moléculas e formam toda a matéria do universo.*
- *Quando os átomos se unem, podem formar moléculas.*

Com a discussão em sala percebemos que os jovens conseguiram organizar os subsunçores sobre a diferença entre átomos e moléculas, ficando evidente que o organizador prévio cumpriu a função de auxiliar as ideias iniciais deles.

No terceiro passo da UEPS, após a apresentação dos modelos atômicos dos gregos, Dalton e Thomson, realizamos uma avaliação em dupla para avaliar a compreensão dos alunos dos modelos estudados até o momento. A

questão a que os alunos responderam foi: (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, 2010). *Os recentes “apagões” verificados no Brasil, sobretudo no Rio de Janeiro, mostram a grande dependência da sociedade atual em relação à energia elétrica. O fenômeno da eletricidade só pôde ser explicado, no final do século XIX, por meio de experiências em tubos, contendo um polo positivo e outro negativo, sob vácuo. Tais experimentos resultaram no modelo atômico de: a) Bohr. b) Dalton. c) Rutherford. d) Thomson.* Nenhuma das duplas assinalou a alternativa correta, que seria Thomson, porém 80% dos alunos assinalaram como sendo Bohr, embora ainda não tivéssemos estudado esse modelo atômico. Abrimos a discussão no grande grupo para que os alunos pudessem explicar o porquê de terem escolhido o modelo de Bohr. Apesar da insistência, obtivemos poucas respostas como as apresentadas a seguir.

- *Porque estudamos em química muito sobre o modelo de Bohr.*
- *É o modelo que mais utilizamos.*
- *Devido a distribuição em camadas e ligações químicas.*
- *Estamos estudando o modelo de Bohr em química também.*

Julgamos que, além das justificativas apresentadas, o fato de os alunos ainda não terem estudado eletricidade dificultou a compreensão dos conceitos comentados no vídeo sobre eletricidade, como corrente elétrica, descargas elétricas e formação de íons. Os estudantes não atentaram para os comentários feitos durante o vídeo, no qual se atribuem ao modelo atômico proposto por Thomson as primeiras explicações dos fenômenos elétricos.

No quarto passo, levando em conta a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora sobre os modelos atômicos, os estudantes, em grupo, apresentaram um trabalho sobre a evolução dos modelos atômicos. Após a apresentação, realizaram uma atividade em grupo em que deveriam responder à seguinte questão:

Questão 3: *Descreva por meio de uma simples história como ocorreu a evolução dos modelos atômicos, destacando causalidades, conflitos, complicações e ações para que ocorresse a evolução dos modelos atômicos.*

Para facilitar a análise das respostas a essa questão, utilizamos duas tabelas. Na Tabela 3, analisamos o modelo dos gregos, de Dalton e de

Thomson e, na Tabela 4, o modelo de Rutherford, Bohr e quântico. Na análise da atividade realizada pelos alunos referente aos modelos, mantivemos os mesmos critérios para classificar as respostas às questões anteriores.

Tabela 3 – Tabulação questão 3

| MODELO | CATEGORIAS | Nº DE GRUPOS | GRUPOS | CONSIDERAÇÕES |
|---------|---------------|--------------|---------------------------------|---|
| Gregos | Coerente | 6 | G1, G2, G4, G5, G7 e G8 | - Os grupos indicaram que os gregos foram os primeiros a proporem a ideia de átomo, que significa indivisível. |
| | Não respondeu | 3 | G3, G6 e G9 | - No texto iniciaram diretamente no modelo de Dalton. |
| Dalton | Coerente | 8 | G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8 e G9 | - O modelo de Dalton era conhecido como modelo bola de bilhar, no qual o átomo era considerado uma esfera densa, indivisível e maciça |
| | Parcialmente | 1 | G1 | - <i>No modelo de Dalton, ele descobriu que o átomo era uma esfera maciça, todo positivo, nomeado bola de bilhar.</i> |
| Thomson | Coerente | 8 | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 e G8 | - Os grupos citaram que o modelo de Thomson ficou conhecido como modelo “pudim de passas”, em que havia uma massa positiva com elétrons incrustados nessa massa, tornando o átomo eletricamente neutro. |
| | Incoerente | 1 | G9 | - <i>J.J. Thomson descobriu uma nova teoria que chamou de “pudim de passas” que era de que o átomo era de carga positiva e que haviam elétrons (cargas negativas) à seu redor.</i> |

Fonte: Autor (2015)

Admitimos que a maioria dos alunos conseguiu descrever as características de cada um dos modelos. Até mesmo o fato de três grupos terem esquecido de descrever o modelo dos gregos pode ser considerado uma falta de atenção na leitura do enunciado da atividade e não que eles não tenham entendido.

Tabela 4 - Tabulação questão 3

| MODELO | CATEGORIAS | Nº DE GRUPOS | GRUPOS | CONSIDERAÇÕES |
|---------------|---------------|--------------|---------------------|--|
| Rutherford | Coerente | 3 | G1, G4 e G5 | - Descreveram o experimento realizado por Rutherford e souberam interpretar suas conclusões. |
| | Parcialmente | 5 | G2, G7, G8 e G9 | - Descreveram o experimento realizado por Rutherford, mas não conseguiram interpretar os dados do experimento. |
| | | | G3 | - [...] entre os elétrons existia um espaço vazio chamado eletrosfera. |
| | Incoerente | 1 | G6 | - [...] o núcleo atrai os elétrons, fazendo-os flutuar através da eletrosfera. |
| Bohr | Parcialmente | 4 | G1, G3, G5 e G6 | - Descreveram os níveis de energia, mas não explicaram como os elétrons fazem essa transição entre os níveis. |
| | | | G9 | - Confundiu com o modelo de Rutherford. |
| | Incoerente | 4 | G2 | - Bohr introduziu a ideia que os elétrons se movem ao redor do núcleo emitindo energia e luz. |
| | | | G7 | [...] eles tinham por sugestão um elemento neutro no núcleo que não deixaria os elétrons serem puxados pelos prótons, elemento que só foi realmente descoberto anos depois entre a teoria de Bohr e a teoria Quântica. |
| | | | G8 | - [...] os elétrons só se movem ao redor do núcleo quando estão a certos níveis de energia. |
| Não respondeu | 1 | G4 | | |
| Quântico | Coerente | 2 | G1 e G2 | - Escreveram sobre os orbitais e na impossibilidade de determinar a posição e a velocidade do elétron ao mesmo tempo. |
| | Incoerente | 2 | G3 e G4 | - Escreveram que existem orbitais, mas não dizem o que é um orbital. |
| | Não respondeu | 5 | G5, G6, G7, G8 e G9 | |

Fonte: Autor (2015)

Percebemos que, a partir do modelo de Rutherford, os conceitos passam a se tornar mais complexos, dificultando a clareza dos detalhes de cada modelo. Os grupos G1, G4 e G5 conseguiram descrever o experimento realizado por Rutherford e os resultados obtidos. Os grupos G2, G7, G8 e G9 descreveram o experimento, mas não souberam especificar os resultados obtidos ou omitiram detalhes importantes sobre os resultados. Consideramos incoerente a descrição realizada pelo grupo G6, pois os estudantes não descreveram com propriedade o experimento e os resultados do modelo de Rutherford, chamando de eletrosfera o espaço existente entre os elétrons.

No modelo de Bohr, as dificuldades conceituais começaram a ficar mais evidentes. Em relação às contribuições do modelo de Bohr, a transição dos níveis de energia e a emissão de fótons teve destaque nos vídeos e nas discussões no grande grupo, entretanto os alunos não conseguiram descrever de forma coerente tais resultados. Consideramos que, devido à distribuição eletrônica em camadas que os alunos estudam em química, os G1, G3, G5 e G6 elaboraram significados coerentes para o conceito de níveis de energia, mas a transição eletrônica não é clara em seus subsunçores. Os grupos G2, G7, G8 e G9 fizeram confusão quanto às características dos modelos, principalmente com o modelo de Rutherford.

Apenas dois grupos, G1 e G2, explicaram de forma coerente o modelo quântico, descrevendo o conceito de orbitais e o Princípio da Incerteza. Os grupos G3 e G4 relataram a existência dos orbitais, entretanto não informaram nada sobre as suas características.

Ficou evidente que, durante a descrição da evolução dos modelos atômicos, a quantidade de conceitos evidenciados pelos estudantes é reduzida a cada novo modelo proposto. Nessa questão, além da descrição dos modelos, tínhamos por objetivo que os alunos destacassem as causas, os conflitos e as complicações que os modelos enfrentaram e que provocaram sua substituição. Mesmo que alguns pontos tenham sido destacados nos vídeos e nas discussões no grande grupo, os alunos se preocuparam apenas em descrever o modelo e não o fato histórico envolvido na construção do modelo.

Durante as discussões, no grande grupo, a respeito dos modelos atômicos, os jovens eram incentivados a expor suas visões dos modelos. Isto causou desconforto a alguns alunos, pois muitos estavam acostumados com um

ensino de Física mais tradicional (resolução de exercícios e aplicação de fórmulas), e questionamentos sobre o método utilizado foram levantados:

- *Quando vão começar as fórmulas?*
- *Os cálculos não começam nunca.*
- *Quero fazer contas professor.*
- *Isso parece mais com Química.*
- *Prefiro mais os cálculos do que teoria.*

Analisando os questionamentos dos alunos, podemos perceber como as ideias sobre Física são distorcidas. A disciplina é vista como uma aplicação da Matemática, na qual se deve decorar uma fórmula e aplicar os dados do problema e a resposta será obtida. A Física tem aplicações em diversas áreas do conhecimento, mas a forma como o ensino é organizado, em disciplinas, não favorece que os estudantes percebam a relação entre as áreas de conhecimento. Consideramos que, quando o aluno afirma que prefere cálculos a teoria, na realidade não é isso que ele quer dizer. No método tradicional de ensino, os alunos estão acostumados à passividade, mas na aprendizagem significativa é necessário que o estudante saia de sua área de conforto e participe, pois assim o professor poderá averiguar se os alunos estão assimilando o conhecimento científico, não importando se o conteúdo é teórico ou não.

Iniciamos o quinto passo da UEPS com a seguinte situação-problema: Como os átomos se ligam?

Foi dado um tempo para que os alunos pudessem formular uma resposta. Ainda que incentivados a contribuir com suas opiniões, apenas dois alunos responderam:

- *Existe uma força que faz com que se liguem.*
- *Se ligam para estabilizar.*

Alguns estudantes concordaram com a fala de seus colegas de sala. Os alunos que responderam não conseguiram dar maiores detalhes sobre como essas forças atuam sobre os átomos, embora já tivessem estudado ligações químicas, iônica e covalente, no primeiro ano do Ensino Médio. Isso evidencia uma

fragilidade dos subsunçores dos alunos em relação ao conteúdo de ligações químicas. Ficou evidente com a situação problema proposta que pouco desse conhecimento fora assimilado pelos estudantes nos anos anteriores.

Dando continuidade, no sexto passo, realizamos uma atividade para verificar quais subsunçores sobre energia os alunos possuíam. Pozo e Crespo (2009) afirmam que poucos estudantes utilizam o conceito de energia e, quando tentam utilizá-lo, inserem ideias incompatíveis com a Ciência, além de não diferenciarem força de energia. Assim como os autores, constatamos que os grupos relacionaram geradores eólicos, roda d'água, moinhos de vento e máquina a vapor como fontes naturais de energia mecânica; carros de corrida e montanha-russa com o conceito de aceleração; cama elástica, estilingue, rede de proteção de circo e palhaço de mola com força elástica. Classificaram o disparo da arma de fogo e o homem-bala como energia devido a uma explosão. Isso nos mostra que fica limitado o conceito de energia que os estudantes possuem a algumas situações. Provavelmente os exemplos que classificaram como fontes de energia se devem também a uma divulgação na mídia sobre as fontes alternativas de energia. Ficou evidente entretanto, que não compreendem o conceito, afinal todos as figuras estavam ligadas a alguma forma de energia. Segundo Pozo e Crespo (2009), a familiaridade dos alunos com o termo energia, veiculado pelos meios de comunicação, está longe de ser uma vantagem, pois muitas vezes é utilizado incorretamente, ocasionando dificuldades conceituais quando os estudantes devem utilizá-lo em sala de aula.

A avaliação do sétimo passo foi realizada em dupla com duas questões discursivas, questões 4 e 5, sobre os conteúdos abordados no quinto e no sexto passo da UEPS.

O objetivo da questão quatro era verificar se os alunos entenderam como o átomo se apresenta em diferentes estados físicos. O átomo é o mesmo, o que muda é sua organização na estrutura da substância.

Questão 4: *Um colega afirma que a diferença fundamental entre um sólido e um líquido é o tipo de átomo que forma os materiais. Você concorda ou discorda dele, e por quê?* (HEWITT, 2011). Os dados da questão 4 encontram-se na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Tabulação questão 4

| CATEGORIAS | | CONSIDERAÇÕES | DUPLA DE ALUNOS | PORCENTAGEM |
|------------|------------|--|-----------------|-------------|
| 1 | Coerente | - São os mesmos átomos, o que muda é a organização das moléculas na substância. | 12 | 75,00 |
| | | - O que diferencia é a quantidade de energia recebida, ele pode ficar “exaltado”, um pouco mais instável. | 1 | 6,25 |
| 2 | Incoerente | - Da mesma forma que podem se igualar, se diferenciam. | 1 | 6,25 |
| | | - Acredita que as moléculas do estado sólido são diferentes do estado líquido, porque no sólido estão mais próximas e no líquido mais distantes. | 1 | 6,25 |
| | | - Não respondeu. | 1 | 6,25 |
| Total | | | 16 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Consideramos como coerentes a afirmação de treze duplas (81,25% dos alunos), que afirmaram ser o mesmo átomo, tanto no estado sólido como no líquido, o que muda é a distância entre eles, as propriedades da substância e a energia. Uma das duplas, cuja resposta consideramos incoerente, afirmou o seguinte: *“concordo, pois no estado sólido as moléculas estão bem organizadas o que faz ser sólido (duro, resistente). Já no estado líquido as moléculas estão distantes o que a faz ser suficiente para se adequar a qualquer meio, sem alterar o volume... ou seja, a diferença fundamental entre os estados são as moléculas que formam os átomos”*. Os alunos evidenciaram que há uma diferença na organização dos átomos no estado sólido e no líquido, determinando algumas de suas características. Apesar disso afirmam que há diferença entre as moléculas que estão no estado sólido e as que estão no estado líquido, evidenciando que acreditam que os átomos ou moléculas não são os mesmos quando mudam.

Na natureza podemos encontrar átomos que, individualmente, possuem massa atômica menor que outros átomos. Quando tomados coletivamente, entretanto, isto é, ligados com átomos do mesmo elemento, podem ter densidade maior que átomos com maior massa atômica. Como exemplo temos o irídio. Com o propósito de verificar se os alunos descrevem que esse fato ocorre porque as

ligações entre os átomos de irídio são mais próximas que em outros elementos, sugerimos a questão 5.

Questão 5: *O irídio não é o átomo mais pesado encontrado na natureza. O que, então, explica por que um pedaço de irídio puro é a substância mais densa encontrada na Terra?* (HEWITT, 2011).

Tabela 6 – Tabulação questão 5

| CATEGORIAS | | CONSIDERAÇÕES | DUPLA DE ALUNOS | PORCENTAGEM |
|------------|-------------|---|-----------------|-------------|
| 1 | Coerente | - Utilizaram termos como: os átomos estão mais juntos, concentrados ou compactos. | 10 | 62,5 |
| 2 | Incoerentes | - <i>“Pois os átomos mudam de posição/estados diferentes e cada um tem sua classificação correta”.</i> | 1 | 6,25 |
| | | - <i>“O irídio é pesado e pequeno aí quando se juntam ficam mais pesado do que os outros que são maiores”.</i> | 1 | 6,25 |
| | | - <i>“Porque não tem nenhum elemento no meio, tipo o ouro ele não é tão forte porque há outra substância nele”.</i> | 1 | 6,25 |
| | | - <i>Porque ele tem uma quantidade de átomos numerosas”.</i> | 1 | 6,25 |
| | | - <i>“Por causa da sua formação”.</i> | 1 | 6,25 |
| | | - Não respondeu. | 1 | 6,25 |
| Total | | | 16 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Consideramos como coerente a resposta dada por dez duplas (62,5% dos alunos). Os estudantes entenderem que esse fato se dá devido à aproximação maior dos átomos de irídio. Nas respostas classificadas como incoerentes, identificamos que os alunos não empregaram os conceitos cientificamente aceitos, utilizaram ideias alternativas como, por exemplo, os átomos mudam de estado, os átomos pesados quando se juntam formam materiais pesados, não há nenhum elemento entre os átomos de irídio. Uma das duplas respondeu que não tem nenhum elemento no meio, citando, como exemplo, o ouro. Consideramos que essa fala pode ter ocorrido devido a uma discussão no grande

grupo, durante os passos da UEPS, sobre características do elemento ouro. Foi discutido que o ouro é um material maleável e que, para ser utilizado em joias, são adicionados outros elementos para dar brilho, cor e dureza.

A finalidade da questão seis foi averiguar se os alunos compreenderam que os átomos de uma substância, que está acima do zero absoluto, estão em constante movimento.

Questão 6: *Dois blocos de ferro com massas e volumes idênticos são colocados em uma caixa térmica, isolando os blocos entre si e do ambiente externo. A única diferença entre os blocos é a temperatura, um está a 20 °C e outra a 30 °C. Explique o que está acontecendo com os átomos de ferro dos blocos para que apresentem temperaturas diferentes.*

Tabela 7 – Tabulação questão 6

| CATEGORIAS | | CONSIDERAÇÕES | DUPLA DE ALUNOS | PORCENTAGEM |
|------------|-------------|---|-----------------|-------------|
| 1 | Coerente | - Os átomos estão mais agitados no bloco que está a 30 °C ou possuem maior energia. | 10 | 62,5 |
| | | - Quanto maior a temperatura mais as moléculas se expandem. | 1 | 6,25 |
| 2 | Incoerentes | - Confunde temperatura com energia. | 2 | 12,50 |
| | | - Mudança de estado. | 1 | 6,25 |
| | | - Átomos que se encontram em estados diferentes. | 1 | 6,25 |
| | | - As moléculas se movem. | 1 | 6,25 |
| Total | | | 16 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Dez duplas (62,5%) de estudantes compreenderam que a temperatura está relacionada com a agitação das moléculas ou átomos do material, mostrando um enriquecimento dos significados ao longo do desenvolvimento da UEPS. Afirmaram também que o corpo de maior temperatura possui maior energia. Para as respostas classificadas como incoerentes, temos afirmações como: “*quando os átomos estão em movimento causando o calor e mudando-o de estado físico*”. Pozo e Crespo (2009) alegam que os estudantes atribuem propriedades materiais ao calor, considerando-o como algum tipo de substância que passa de um corpo

para outro. Geralmente interpretam o calor como uma propriedade oposta ao frio, levando à crença de que calor e temperatura são a mesma coisa.

Para finalizarmos os passos da UEPS, realizamos uma atividade de transferência com o propósito de avaliar individualmente os alunos e a própria UEPS. Quatro fatores nortearam a análise dos textos produzidos pelos alunos: a organização das moléculas nos diferentes estados, o *continuum* durante a mudança de estado, a agitação das moléculas e a energia necessária para a mudança de estado.

Questão 7: Olá, sou uma molécula de água, como você sabe sou formada por um átomo de oxigênio e dois de hidrogênio. Moro no Polo Norte, estou aqui no estado sólido há tantos anos que nem me lembro se já existi em outro estado físico, mas tenho escutado algumas conversas de que, devido a um tal aquecimento global, corro o risco de, junto com as minhas amigas moléculas, que vivem “juntinhas” de mim, passar para o estado líquido e até virar um gás, e estou com medo do que possa vir a acontecer. Gostaria que você explicasse, com o maior número de detalhes possível, afinal não sou muito boa em Física e Química, por que eu vou mudar de estado físico e o que vai acontecer comigo e minhas amigas durante as transformações para o estado líquido e gasoso? Não querendo abusar da sua boa vontade, pode me explicar como eu posso voltar para o estado físico em que eu estou hoje?

Para facilitar a interpretação dos dados, optamos por analisar cada fator individualmente. Utilizamos o termo **mencionaram**, quando, em algum momento no texto, o estudante citou os fatores analisados, e **não mencionaram**, quando não houve, no decorrer do texto, a utilização dos termos analisados. Na Tabela 8, estão os dados referentes à organização das moléculas, na qual buscamos evidências apontadas pelos estudantes de que no estado sólido, as moléculas estão melhor organizadas entre si, nos líquidos, essa organização é menor, porém ainda existe, e que, no estado gasoso, a organização deixa de existir.

Tabela 8 – Tabulação questão 7 (organização das moléculas)

| ORGANIZAÇÃO DAS MOLÉCULAS | ALUNOS | QUANTIDADE | PORCENTAGEM |
|----------------------------------|---|-------------------|--------------------|
| MENCIONARAM | 1 – 2 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 23 – 24 – 25 – 26 – 28 - 30 e 31 | 26 | 83,87 |
| NÃO MENCIONARAM | 3 – 12 – 22 - 27 e 29 | 5 | 16,13 |
| | Total | 31 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Com relação à organização das moléculas nos sólidos, líquidos e gases, identificamos que 83,87% dos alunos souberam diferenciar a organização das moléculas nos diferentes estados físicos. O aluno 23 ilustra bem essa percepção quando escreve:

Uma molécula que está no estado sólido, está muito próxima com as outras, ao receber calor e entrar no estado líquido elas se separam, tem mais liberdade para se mover. Recebendo mais energia, mais calor, entra no estado gasoso, onde as moléculas não têm nenhuma ligação com as outras, tendo mais liberdade e se espalham por toda área possível.

O aluno 23 afirma que, quando as moléculas de água passam do estado sólido para o líquido, estão muito próximas umas das outras, e que, ao receber calor, elas se separam. Consideramos que há um erro nessa afirmação, pois as moléculas não se separam, elas apenas se afastam mais umas das outras, continuando ligadas. Entretanto, na continuação do texto, o aluno cita que no estado gasoso não há nenhuma ligação entre as moléculas. Com isso entendemos que ele tenha utilizado a palavra incompatível com as Ciências para descrever o conceito que tentava explicar, contudo percebemos em suas palavras que o conceito da organização das moléculas foi assimilado e transferido para uma nova situação.

O aluno 14 descreve a organização das moléculas da seguinte maneira:

As moléculas vão aumentando a temperatura fazendo assim que o elemento fique menos organizado e as moléculas contidas nele consigam vibrar mais e a passagem para gasoso seria um aumento maior ainda da temperatura fazendo assim que as moléculas ou átomos contidos nesse elemento tenham maior liberdade e perca a ligação que existia para que elas estivessem juntas e elas assim ficam livres umas das outras transitando pelo espaço que elas ocupam.

Neste momento não vamos analisar o conceito de temperatura descrito pelo aluno 14, apenas como esse aluno descreve a organização das moléculas. Mesmo não tendo descrito passo a passo as mudanças de estado, o aluno afirma que, com o aumento da temperatura, as moléculas ou átomos contidos no elemento têm maior liberdade e perdem a ligação que existia, tornando-se livres. Percebemos, com essa descrição, que o aluno compreendeu a organização das moléculas nos diferentes estados.

Outros alunos descreveram a organização das moléculas de maneira simples, mas coerentes cientificamente. Relatos como: “[...] *as moléculas que ficam juntas umas das outras e no estado líquido ela fica mais separadas, uma das outras e no gasoso se afastam ainda mais*” (aluno 2), “[...] *as moléculas que estão formando o gelo estão mais concentradas, [...] irão ganhar energia e conseqüentemente se distanciando uma das outras*” (aluno 7) ou “*O estado sólido, as moléculas estão mais juntas, [...] já se ela passar pro estado líquido as moléculas de água vão estar mais distantes umas das outras*” (aluno 28).

Na Tabela 9, procuramos indícios destacados pelos alunos que indicassem a possibilidade da passagem do estado sólido para o líquido e para o gasoso evidenciando que o processo inverso, gasoso para o líquido e para o sólido, também pode ocorrer.

Tabela 9 – Tabulação questão 7 (*continuum*)

| CONTINUUM | ALUNOS | QUANTIDADE | PORCENTAGEM |
|------------------------|--|-------------------|--------------------|
| MENCIONARAM | 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 – 23 – 24 – 25 – 26 – 29 - 30 e 31 | 28 | 90,32 |
| NÃO MENCIONARAM | 22 - 27 e 28 | 3 | 9,68 |
| | Total | 31 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Os dados mostram que a grande maioria dos alunos (90,32%) evidenciou em seus textos a possibilidade da mudança de um estado físico para outro. Consideramos que o fato de ser uma característica macroscópica da matéria e um fenômeno mais evidente no dia a dia dos estudantes tenha facilitado a descrição.

Sobre o *continuum* o aluno 24 o descreveu da seguinte forma:

“Para que retorne ao estado sólido é necessário o inverso do processo, ou seja, a queda de temperatura, como consequência a perda de energia de algumas moléculas mais que outras, proporcionando assim uma força de atração entre elas”.

O aluno 24 faz uma inversão de conceitos quando afirma que a queda na temperatura fará com que a energia diminua. Haverá uma queda na temperatura se a substância perder energia. Mesmo com a inversão das grandezas físicas podemos perceber que ele compreendeu que é possível fazer com que a substância volte ao seu estado inicial.

Para fazer com que as moléculas retornem para o estado sólido, menções como redução da temperatura (frio) e menor movimentação das moléculas foram frequentes. Não citam, porém, como se pode conseguir que a temperatura seja reduzida, o que se pode conferir nestas respostas: *“Para retornar ao estado sólido, uma temperatura bem menor deve ser aplicada onde ela fará com que as moléculas realizem menos movimento”* (aluno 26), *“Para voltar ao seu estado sólido é preciso de menos movimentação, menos energia para ficar líquida e conforme vai*

ficando mais frio suas moléculas se juntam e tornam seu estado físico sólido” (aluno 4) ou *“E para voltar, é só esperar a temperatura ficar bem baixa, aí ficará com frio e congelará”* (Aluna 25).

Como afirmam Pozo e Crespo (2009), os estudantes geralmente interpretam o calor como uma propriedade oposta ao frio, levando à crença de que calor e temperatura são a mesma coisa.

Na Tabela 10, procuramos evidências sobre a agitação da matéria nas respostas dos alunos.

Tabela 10 – Tabulação questão 7 (agitação das partículas)

| AGITAÇÃO | ALUNOS | QUANTIDADE | PORCENTAGEM |
|------------------------|---|-------------------|--------------------|
| MENCIONARAM | 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 13 – 14 – 15 - 16 – 18 – 19 – 20 – 22 – 21 – 23 – 24 – 26 – 28 - 29 e 31 | 21 | 67,74 |
| NÃO MENCIONARAM | 1 – 2 – 3 – 10 - 11 – 12 – 17 – 25 - 27 e 30 | 10 | 32,26 |
| | Total | 31 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Analisando os dados da tabela, constatamos que 67,74 % dos alunos citaram a agitação como uma característica intrínseca da matéria. O aluno 5 descreve a agitação das moléculas da seguinte maneira: *“Como já sabemos, as moléculas da matéria estão sempre em movimento, mesmo em estado sólido, quando elas estão mais próximas umas das outras”*. Para o aluno 14, *“As moléculas vão aumentando a temperatura fazendo assim que o elemento fique menos organizado e as moléculas contidas nele consigam vibrar mais”*. Para o aluno 20, *“Quando você sair do estado sólido e ir para o gasoso você e suas amigas moléculas irão se separar, ficarão mais espalhadas, mas ainda se encontrarão em constante movimento”*. Na descrição desses alunos analisados, a agitação das moléculas ocorre independentemente do estado físico.

O aluno 8 afirma: *“Você está no estado sólido junto com todas as suas amigas moléculas. Como vocês estão muito juntas, acabam não tendo*

liberdade para se movimentarem”. Na resposta dada pelo aluno, o estado sólido não possui movimento, pois, segundo ele, as moléculas estão muito juntas, impedindo que possam se movimentar. Dificuldades conceituas semelhantes foram encontradas na pesquisa realizada por Gomes e Farias (2008) sobre o comportamento das partículas de água, movimentação e organização, nos três estados físicos. Os pesquisadores identificaram que 50% da turma possui a concepção de que só existe movimento nos estados gasoso e líquido, ou seja, no sólido as partículas ficam estáticas.

Na Tabela 11, procuramos nas respostas dos alunos, evidências sobre que fatores influenciam a mudança de estado físico.

Tabela 11 – Tabulação questão 7 (energia)

| ENERGIA | ALUNOS | QUANTIDADE | PORCENTAGEM |
|------------------------|--|-------------------|--------------------|
| MENCIONARAM | 4 – 5 – 6 – 8 – 13 – 16 – 18 - 19 – 21 – 23 – 24 – 26 – 29 - 30 e 31 | 15 | 48,39 |
| NÃO MENCIONARAM | 1 – 2 – 3 – 7 – 9 – 10 – 11 – 12 – 14 – 15 – 17 – 20 – 22 – 25 – 27 e 28 | 16 | 51,61 |
| | Total | 31 | 100,00 |

Fonte: Autor (2015)

Na carta escrita pelos alunos, a questão da energia apresentou maiores dificuldades conceituais. Encontrou-se em 48,39 % dos textos a utilização apropriada do conceito de energia, mesmo sem utilizar o termo calor. O aluno 6 descreve as causas da mudança de estado da seguinte forma:

Oi amiga água, o que está acontecendo é que o aquecimento global está deixando a temperatura do ar mais quente e com isso faz você ganhar mais energia e automaticamente faz você e suas amigas moléculas ficarem mais agitadas e virarem líquido. Quanto mais aumentar a temperatura, mais energia e mais movimento você ganha [...] suas amigas vão se distanciar mais e mais e virar gás.

Em Hewitt (2011, p. 273), encontramos a seguinte definição para calor: “A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor”. O aluno 6 utilizou corretamente o conceito de calor quando afirma que o ar aquecido vai transferir energia para o gelo e fará com que a mudança de estado ocorra.

Para o aluno 29, o aquecimento é provocado pela destruição da proteção que o planeta possui para bloquear a luz solar:

Com o aquecimento global, a temperatura irá aumentar, pois a camada que bloqueia a quantidade de luz solar para o nosso planeta, está perdendo força, fazendo com que entre mais luz solar, mais energia para os átomos, fazendo com que eles se agitem mais, aumentando a temperatura, e mudando de estado físico.

Quando o aluno 29, afirma que a luz solar faz com que os átomos fiquem mais agitados, está utilizando os conceitos da transformação de energia radiante na forma de ondas eletromagnéticas em energia mecânica, que provoca a movimentação dos átomos. Conceitos estes, abordados nos passos da UEPS e corretamente utilizados pelo estudante.

Para o aluno 16, a estabilidade da ligação entre as moléculas é o ponto central.

[...] no estado sólido, juntinha com suas amigas, e sempre buscando se estabilizar uma com a outra [...]. Com o calor que irá receber do aquecimento global sua necessidade de se estabilizar será ainda maior porque vocês ainda continuam as mesmas, mais separadas e por essa distância e movimento maior e com mais energia este estado será o líquido.

Uma situação-problema proposta e discutida com os alunos é o porquê dos átomos se ligarem. O aluno 16, quando afirma que as moléculas estão procurando a estabilidade, está se referindo ao fato de átomos ou moléculas se ligarem. O aluno enfatiza que, quando as moléculas receberem calor, mudando de estado físico, a estabilidade será “quebrada”, havendo a necessidade de um novo rearranjo entre as moléculas. Esses exemplos evidenciam que houve a transferência dos conteúdos e conceitos trabalhados em sala de aula para uma nova situação.

Houve situações, entretanto, em que a redação dos alunos não indica corretamente como a mudança de estado ocorreu. O aluno 9 descreveu a mudança de estado da seguinte forma:

As moléculas passam de um estado para outro por causa da temperatura, a temperatura modifica as células fazendo com que seus átomos se movimentem de forma mais separada, para o estado líquido os átomos não estarão tão separados, no estado gasoso os átomos estarão bem separados.

O aluno 9 confunde-se na definição dos conceitos de moléculas, células e átomos, pois utilizou-os como se fossem sinônimos. Ele utiliza o termo temperatura, mas não descreve como a temperatura será alterada para que o estado físico se modifique.

O aluno 28 evidenciou que as moléculas vão se distanciando durante a mudança de estado e que estão em constante movimento, apesar disso não descreve que fator ou fatores provocam a alteração dos estados físicos.

O estado sólido, as moléculas estão mais juntas e também sempre em constante movimento, já se ela passar pro estado líquido as moléculas de água vão estar mais distantes umas das outras [...] no estado gasoso as moléculas vão estar bem mais distantes, e sempre vão estar em constante movimento.

Para muitos alunos que não citaram a transferência de energia como responsável pela mudança de estado, a temperatura foi o fator determinante. No caso da água, supomos que a experiência do dia a dia tenha influenciado a descrição do fenômeno, pois basta mudar a água de ambiente (temperatura) para que ela mude de estado. Para estes alunos, em relação à transferência de energia, os passos da UEPS não foram significativos, pois eles não utilizaram os conceitos científicos adequados para descrever como a temperatura pode mudar e causar alterações no estado físico da água.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante aplicação da UEPS tivemos por objetivo investigar quais os significados que os alunos da educação básica produzem quando submetido a aplicação de uma UEPS sobre a estrutura da matéria e evidenciar a transferência de significados elaborados durante essa metodologia de ensino para uma situação problema envolvendo conceitos sobre a estrutura da matéria.

Por meio do questionário realizado inicialmente, para que os alunos pudessem externalizar seus conhecimentos prévios sobre a estrutura da matéria, percebemos a grande dificuldade que os estudantes possuíam em expor suas ideias sobre moléculas, átomos, prótons, nêutrons, elétrons e como ocorre a interação entre estas partículas. O questionário tornou-se uma importante fonte de informações, por evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos, para que pudéssemos direcionar nosso trabalho, conhecendo as dificuldades e os obstáculos para a realização dos próximos passos da UEPS.

Durante o desenvolvimento dos passos da UEPS, ficou evidente a resistência inicial dos alunos a trabalharem de forma diferente da qual estavam habituados. Questionaram sobre quando as fórmulas iriam aparecer, não reconheciam o conteúdo de Física, mas o identificavam com a disciplina de Química. Fazer com que os jovens percebessem a Física como uma Ciência que se inter-relaciona com outras áreas do conhecimento e vai além da aplicação de fórmulas para se resolver problemas desvinculados da realidade dos alunos foi mais um desafio encontrado durante a realização da UEPS.

Uma das dificuldades encontradas durante a aplicação da UEPS foi fazer que um número maior de alunos se expressassem no grande grupo, pois, em geral, eram sempre os mesmos que discutiam as ideias. Entretanto, quando convidávamos algum aluno, que raramente se expressava publicamente, e pedíamos que explicasse, não ao pé da letra, um conceito ou uma ideia, o aluno se sentia mais seguro, e geralmente expunha suas ideias de maneira coerente.

Um outro fator que chamou atenção durante a aplicação da UEPS foi em relação às notas. Inicialmente os alunos queriam saber qual seria o valor dado para a atividade e se estavam realizando corretamente o que foi proposto. Estavam mais preocupados em realizar a atividade, para “agradar” o professor e obterem uma boa nota, do que em aprender significativamente o conteúdo

apresentado. Com a continuidade das atividades, percebemos que muitos estudantes passaram a realizar corretamente as atividades sem tanta preocupação com a nota.

O papel do professor é sempre procurar desafiar os estudantes, fazer que possam expor suas ideias e opiniões. Para isso, as atividades colaborativas, em pequenos grupos, e as discussões, no grande grupo, durante o desenvolvimento dos passos da UEPS, favoreceram a participação cada vez maior dos alunos, que entenderam a proposta dessa metodologia e compreenderam a relevância em expor suas opiniões e dificuldades.

A organização sequencial das atividades, a retomada de conceitos e a verificação da aprendizagem antes de iniciar um novo passo na UEPS, contribuiu de forma significativa para saber que atividades colaboraram para a aprendizagem, quais deveriam ser adaptadas ou totalmente modificadas para que pudessem favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes.

Para a realização da UEPS, foi necessário um total de 30 aulas de 50 minutos. Levando em consideração a quantidade de conteúdos que devem ser trabalhados durante o ano, pode parecer difícil a aplicação da UEPS. A importância em se trabalhar conteúdos que abranjam aspectos declarativos e procedimentais mais importantes é uma das principais características da proposta. Consideramos que é natural a necessidade de um maior número de aulas para se trabalhar um determinado conteúdo na UEPS do que no método tradicional, pois em alguns passos da UEPS, senão todos, é importante averiguar se os conceitos ou conteúdos foram assimilados pelos aprendizes. Caso contrário, os passos devem ser retomados com as modificações necessárias; modificações que foram realizadas algumas vezes durante a aplicação dessa metodologia.

Os resultados encontrados evidenciam um avanço no entendimento dos conceitos sobre a estrutura da matéria em relação ao conhecimento que possuíam no início da UEPS. Os estudantes demonstraram muitas dificuldades em descrever o que era um átomo e suas partículas básicas constituintes, mesmo depois de terem estudado o assunto em anos anteriores. Por meio dos dados obtidos sobre os modelos atômicos, admitimos que os alunos apresentaram uma melhora significativa na compreensão do que é um modelo atômico e como o modelo está sujeito a modificações a qualquer momento, evidenciando que a ciência está em constante mudança.

A exposição do modelo quântico foi a que revelou a maior dificuldade de entendimento dos alunos, isto ficou evidente por meio dos dados da Tabela 4. Esse modelo precisa ser retomado com novas propostas de atividades e também com um tempo maior para que possam assimilar tal modelo, até mesmo uma UEPS dedicada exclusivamente ao assunto.

Nas Tabelas 5, 6 e 7, evidenciamos os alunos que, inicialmente não conseguiam descrever, de forma coerente e científica, quais elementos formavam o átomo. Nesse passo da metodologia, uma porcentagem considerável dos alunos estava compreendendo como esses elementos formadores dos átomos se rearranjam quando passam do estado sólido para o líquido, procurando uma estabilidade nas suas ligações e que estão em constante movimento, independentemente do estado físico em que se encontram, assim como esse rearranjo determina as propriedades dos materiais, como dureza ou maciez, por exemplo, dando-nos indícios de que se apropriaram dos conceitos corretos.

Quanto à questão aplicada para verificar a transferência do conhecimento dos alunos, Tabelas 8, 9, 10 e 11, consideramos que os conceitos discutidos durante a aplicação da metodologia foram aplicados de maneira coerente, cientificamente, por uma porcentagem considerável dos alunos, principalmente em relação à organização das moléculas, ao *continuum* e à agitação constante dos átomos e moléculas.

No entanto, em relação ao conceito de energia, Tabela 11, muitos alunos ainda recorrem às concepções alternativas. Como afirma Lemos e Moreira (2011, p. 25), “frequentemente adequadas para resolver seus problemas cotidianos”. A formação desses alunos precisa oportunizar novas situações para que possam compreender e utilizar os conceitos científicos coerentemente, até mesmo a aplicação desta metodologia para discutir exclusivamente o conceito de energia.

Retomando o que afirma Santos (2008), enquanto o professor se preocupar em dar as respostas, em vez de fazer perguntas, estaremos evitando que o aluno faça o esforço necessário para aprender de maneira significativa. Podemos averiguar, por meio da aplicação desta metodologia, que essa afirmação é coerente com a proposta. O professor precisa fazer as perguntas, por meio de avaliações, discussões individuais ou em grupo. É preciso conhecer os reais impedimentos da aprendizagem. As respostas para os problemas na educação estão nas próprias dificuldades, basta reconhecê-las para que novos caminhos apresentem-se.

Portanto, professor (a), a utilização da UEPS possibilita trabalhar o conteúdo de diversas maneiras. Planeje novas situações-problemas, privilegie as atividades em grupo, incentivando a participação de todos os alunos. Solte sua imaginação e criatividade, também dê oportunidade para que os alunos possam fazer o mesmo. Procure despertar em seus alunos o gosto pelo conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ARTUSO, Alysso Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. Curitiba: Positivo, 2013. v. 3.
- AUSUBEL, David P. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBOSA, Laís D. R.; DINIZ, Cristina F.; ARAUJO, Angélica O. Concepções alternativas de estudantes do Ensino Médio de Diamantina na representação de mudanças de estados físicos da matéria. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8. CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EM ENSEÑANZAS DE LAS CIÊNCIAS, 1., 2011, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiinpec/resumos/R1133-2.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2015.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2015.
- CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS – CEFET. **Processo seletivo**: 2º semestre. Belo Horizonte, 2010. Caderno de provas. Disponível em: <http://www.copeve.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Tecnico_ConcExterna.pdf>. Acesso em: 23 Jun. 2015.
- CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- CIRINO, Marcelo Maia. Obstáculos relacionados à aprendizagem significativa de “reações químicas” e “estrutura da matéria” no ensino médio. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA – CPEQUI, 1., 2009, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/cpequi/Paineispagina/1824054112_0090530.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2015.
- CONFIGURAÇÕES eletrônicas e ligações: como os átomos se ligam. Educação. 7 jan 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gOYeYQhC3ns>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- FEYNMAN, Richard P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.
- FRANÇA, Angella da Cruz Guerra, MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; CARMO, Miriam Possar do. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 4, nov. 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/10-AF-6008.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2015.
- GARCIA, Marcelo. Brasileiro: 'analfabeto' científico? **Instituto Ciência Hoje**, São Paulo, 18 ago. 2014. Notícias. Disponível em:

<<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2014/08/brasileiro-analfabeto-cientifico>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOMES, G. A.; FARIAS, S. S. Como os alunos concebem o comportamento das partículas nos estados de agregação da matéria. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 6., Fortaleza, 2008. Fortaleza: ABQ, 2008. **Trabalho apresentado...** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/simpequi/2008/trabalhos/33-199.htm>>. Acesso em: 8 jun. 2015.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA - GREF. **Física 1: Mecânica**. 7. ed. São Paulo: EDUSP, 2001.

HAZEN, Robert M.; TREFIL, James. **Saber ciência**. 2. ed. São Paulo: Cultura, 2005.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Marlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

INTERACÇÕES atômicas. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/atomic-interactions>. Acesso em: 7 jun. 2015.

LEMOS, Evelyse dos Santos; MOREIRA, Marco Antonio. Avaliação da aprendizagem significativa em biologia: um exemplo com a disciplina embriologia. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 15-26, 2011.

LIMA, Karmel de Oliveira; SILVA, Gláucia Maria da; MATOS, Maurício Santos. Análise das dificuldades encontradas por alunos do Ensino Médio na construção de relações entre modelos atômicos, distribuição eletrônica e propriedades periódicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA – ENEQ, 15., 2010 Brasília: UNB. **Anais...** Brasília: 2010. Disponível em: <<http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R0924-1.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

MELO, Marlene Rios. LIMA NETO, Edmilson Gomes de. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 112-122, maio 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc_35_2/08-PE-81-10.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2015.

MODELOS do átomo de hidrogênio. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom>. Acesso em: 10 jun. 2015.

MOLÉCULA. In: **Britannica Escola**. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/assembly/135926/Os-estados-fisicos-da-agua-sao-determinados-pela-estrutura-de>>. Acesso em: 1 out. 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, Marco Antonio. Organizadores previos y aprendizaje significativo. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011b.

MOREIRA, Marco Antonio. **Unidade de ensino potencialmente significativas: UEPS**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 1, maio 1995. Disponível em: <<http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>> Acesso em: 23 jun. 2015.

PARANÁ. Secretária de Educação. **Diretrizes curriculares da educação básica: física**. Curitiba, 2008. Disponível em: <www.fisica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/fisica.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2014.

PIRES, Antônio Sérgio Teixeira; CARVALHO, Regina Pinto de. **Por dentro do átomo: física de partículas para leigos**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRASS. Alberto Ricardo. **Teorias de aprendizagem**. 2012. Disponível em: <http://www.fisica.net/monografias/Teorias_de_Aprendizagem.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2015.

PROGRAMA INTERNACIONAL DE AVALIAÇÃO DE ESTUDANTES - PISA 2015. **Matriz de avaliação de ciências**. 2015. Tradução de Lenice Medeiros. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2015.

RICARDO, Helio Carlos. **Física**. Brasília, set. 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

RONCA, Caruso. Aprendizagem significativa. In: PENTEADO, Wilma Millan Alves (Org.). **Psicologia e ensino**. São Paulo: Papelivros, 1980. p. 59 – 83.

RUSSELL, John B. **Química geral**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. v. 1.

SALLES, J. F.; HAASE, V. G.; MALLOY-DINIZ, L. F. (Org.). **Neuropsicologia do desenvolvimento: infância e adolescência**. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. O Papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **Revista Científica UNIABEU: Educação e Saúde**,

Belford Roxo, ano 1, n. 1, p. 9-14, jan./jun. 2008. Disponível em: <<http://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/viewFile/66/113>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

SCARPA, Daniela Lopes. **Formação de professores do ensino médio**: ciências da natureza pacto nacional pelo fortalecimento do ensino médio. Curitiba: UFPR, 2014. Etapa 2, Caderno 3.

STAKE, Robert E. **Pesquisa qualitativa**: estudando como as coisas funcionam. Porto Alegre: Penso, 2011.

STATES of matter: basics. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/states-of-matter-basics> Acesso em: 7 jun. 2015. Simulação.

WILLINGHAN, Daniel T. **Por que os alunos não gostam da escola?** Resposta da ciência cognitiva para tornar a sala de aula mais atrativa e efetiva. Porto Alegre: Artmed, 2011.

WILSON, B. A. **Reabilitação da memória**: integrando teoria e prática. Porto Alegre: Artmed, 2011.

ANEXOS

ANEXO A - Os Elementos

Quando uma substância é composta por um tipo de átomo apenas, nós a denominamos elementos. As palavras *elemento* e *átomo* são geralmente empregadas com significados parecidos, a diferença é que os elementos são formados de átomos e não ao contrário. Um anel de ouro puro de 24 quilates, por exemplo, é formado apenas por átomos de ouro. Um anel de ouro de menos quilates é composto por ouro e outros elementos, como o níquel. A coluna prateada de um barômetro ou de um termômetro consiste do elemento mercúrio. O líquido inteiro consiste apenas em átomo de mercúrio. Um átomo de um elemento particular é a menor amostra daquele elemento. Embora átomos e elementos sejam palavras usadas com frequência como sinônimos, elemento se refere a um tipo de substância (uma que seja formada por um tipo apenas de átomo), enquanto átomo se refere às partículas individuais que constituem aquela substância. Por exemplo, falamos em isolar um *átomo* de mercúrio a partir de uma amostra do *elemento* mercúrio.

Uma combinação de 26 letras forma cada palavra de uma língua. Analogamente, todos os objetos materiais do mundo são compostos por diferentes combinações de aproximadamente 100 elementos diferentes.

Qualquer elemento consiste em somente um tipo de átomo. O ouro é formado por apenas átomos de ouro; o nitrogênio gasoso contido em um frasco consiste somente em átomos de nitrogênio, e o carbono de um lápis é composto apenas por átomos de carbono.

O mais leve dos átomos é o hidrogênio. No universo em grande escala, o hidrogênio é o mais abundante dos elementos – mais de 90% dos átomos são de hidrogênio. O hélio, o segundo elemento mais leve, constitui a maior parte do restante dos átomos do universo. Átomos mais pesados em nossa vizinhança foram formados por fusão de elementos leves nas fornalhas quentes e densas no interior das estrelas. Os elementos mais pesados formam-se quando estrelas enormes implodem e depois explodem – as supernovas. Aproximadamente todos os elementos da Terra são remanescentes de estrelas que explodiram muito tempo antes da formação do Sistema Solar.

Até esta data, mais de 115 elementos foram identificados. Destes, cerca de 90 ocorrem na natureza. Os outros são produzidos em laboratório por meio de

aceleradores atômicos de alta energia e em reatores nucleares. (HEWITT, 2011, p. 203-204).

MOLÉCULAS

Uma molécula consiste em dois ou mais átomos mantidos juntos pelo compartilhamento de elétrons. (Dizemos que estes átomos estão ligados covalentemente.) Uma molécula pode ser tão simples como a combinação de dois átomos de oxigênio (O_2), ou de nitrogênio (N_2), os quais formam a maior parte do ar que respiramos. Dois átomos de hidrogênio se combinam com um único átomo de oxigênio para produzir uma molécula de água (H_2O). Substituir um átomo em uma molécula pode fazer uma diferença enorme. Substituindo o átomo de oxigênio por um átomo de fósforo, por exemplo, resulta no sulfeto de hidrogênio, H_2S , um gás tóxico de cheiro forte. (HEWITT, 2011, p. 209).

ANEXO B - Características dos Átomos

Os átomos são incrivelmente pequenos.

Um átomo é tantas vezes menor do que você quanto uma estrela média é maior do que você. Uma maneira adequada de expressar este fato é dizer que estamos situados entre os átomos e as estrelas. Outra maneira de enunciar a pequenez dos átomos é dizer: o diâmetro de um átomo está para o diâmetro de uma maçã assim como o diâmetro de uma maçã está para o diâmetro da Terra. Portanto, para conceber uma maçã cheia de átomos, pense na Terra com o seu interior completamente preenchido com maçãs. O número de átomos da maçã e de maçãs dentro da Terra são da mesma ordem de grandeza.

Os átomos são numerosos

Existem cerca de 100.000.000.000.000.000.000.000 átomos em um grama de água (cerca de um dedal de costura cheio d'água). Em notação científica, isso é igual a 10^{23} átomos. Esse é um número enorme, maior do que o número de gotas de água em todos os lagos e rios do mundo. Logo, existem mais átomos num dedal cheio d'água do que gotas de água nos lagos e rios do mundo todo. Na atmosfera, existem cerca de 10^{22} átomos por litro de ar. Curiosamente, o volume da atmosfera contém aproximadamente 10^{22} litros de ar. Trata-se de um número incrivelmente grande de átomos, e também de litros de ar na atmosfera. Os átomos são tão pequenos e tão numerosos que há aproximadamente tantos átomos no ar em seus pulmões, em qualquer instante, quando o número de respiradas de ar da atmosfera terrestre.

Os átomos estão em perpétuo movimento.

Nos sólidos, eles vibram em torno de um lugar; nos líquidos, eles migram de um lugar para outro; e nos gases, essa taxa de migração é ainda maior. Gotas de leite colorindo de branco um copo de água, por exemplo, logo se espalham pela água inteira do copo. O mesmo ocorreria se o leite de um copo cheio fosse atirado no oceano: ele se espalharia ao redor e, mais tarde, poderia ser encontrado em qualquer parte dos oceanos do mundo.

Os átomos e as moléculas da atmosfera deslocam-se velozmente de um lado para outro com velocidades até 10 vezes maiores do que a rapidez do som no ar. Elas se espalham rapidamente, de modo que algumas moléculas de oxigênio que você respira neste momento podem ter estado no meio do continente alguns dias atrás. [...], os átomos do ar que você exala em algumas respiradas prontamente se misturam com outros átomos da atmosfera. Em alguns poucos anos, quando sua respiração se misturar uniformemente à atmosfera, qualquer um que inale ar, em qualquer lugar da Terra, inalará em média um daqueles átomos que você inalou ao respirar. Mas você aspira muitas e muitas vezes, de modo que outras pessoas inalam muitos e muitos átomos que estiveram alguma vez em seus pulmões – que uma vez fizeram parte de você. E vice-versa, é claro. Acredite ou não, mas a cada respiração que você dá, você aspira átomos que já fizeram parte de alguém que já viveu! Considerando que os átomos inalados são partes do nosso corpo (o nariz de um cachorro não tem dificuldades em nos assegurar isso), podemos genuinamente dizer que estamos respirando uns aos outros.

Os átomos não têm idade.

Muitos dos átomos do nosso corpo são tão antigos quanto o próprio universo. Quando você respira, por exemplo, apenas alguns dos átomos que inala são exalados na respiração. Os átomos remanescentes ficam em seu corpo e tornam-se parte de você, e mais tarde deixam seu corpo de diferentes maneiras. Você não é “proprietário” dos átomos que formam seu corpo; você apenas os toma emprestado. Todos nós compartilhamos a mesma “piscina” de átomos, enquanto eles migram eternamente ao nosso redor, para dentro de nós e entre nós. Os átomos circulam entre as pessoas ao respirarmos e quando o suor evapora. Nós constantemente reciclamos os átomos em grande escala.

A origem dos átomos mais leves remonta à origem do universo, e a maior parte dos átomos mais pesados é mais antiga que o Sol e a Terra. Há, em nosso corpo, átomos que existem desde os primeiros instantes do tempo, reciclando-se através do universo entre inúmeras formas, vivas ou inanimadas. Você é o atual zelador dos átomos que constituem seu corpo. Existirão muitos que o seguirão.

(HEWITT, 2011, p. 200-201)

ANEXO C - Figuras utilizadas na atividade sobre energia



Disponível em: <http://www.fiat500usa.com/2010/09/examining-fiat-500-suspension.html>



Disponível em: <http://www.nastol.com.ua/download/7228/1280x800/>



Disponível em: <http://www.acheiviagem.com.br/usina-hidreletrica-de-itaipu-em-foz-do-iguacu/75/atracao.html>



Disponível em: <http://captainsof.blogspot.com.br/>



Disponível em:

<http://avescomraiva.blogspot.com.br/2013/04/o-passaro-vermelho-e-o-cabeca-quente.html>



Disponível em:

<http://www.egeszseges-elet.hu/index.php?page=item&cat=245.247&item=1891>



Disponível em:

<http://diariodequaseadulta.blogspot.com.br/2015/10/coisas-que-aprendi-com-o-enem.html>



Disponível em:

http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_14_15/uploads/relat_1M06_4.pdf



Disponível em:

<http://envieipravoce.blogspot.com.br/2013/09/video-mostra-homem-bala-voando-passando.html>



Disponível em:

<http://www.anpanama.com/809-BID-pide-aumentar-el-uso-de-energias-renovables-en-Latinoamerica.note.aspx>



Disponível em:

<http://havenlegalrecruitment.com/wp-content/uploads/2013/12/holland-windmill.png>



Disponível em: <http://fisica-superior.forumeiros.com/t41-sistema-de-polias>



Disponível em: <http://www.scienceclarified.com/Sp-Th/Steam-Engine.html>



Disponível em:

<http://www.miguelarcanjoprado.com/2013/01/25/sem-rede-de-protecao/>



Disponível em: <http://seriousstartups.com/2014/09/19/startup-roller-coaster/>



Disponível em:

<http://it.dreamstime.com/fotografia-stock-giocattolo-ingannevole-con-il-pagliaccio-sulla-molla-che-esce-da-una-scatola-di-legno-image29939672>



Disponível em:

http://www.illustrationsource.com/stock/image/116244/two-go-carts-racing/?&results_per_page=1&detail=TRUE&page=3

ANEXO D - Informações dos vídeos utilizados no trabalho

MODELOS ATÔMICOS

Vídeo 1

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gZ1aEquv268>

Vídeo 2

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gS4TQxp_xs0

TESTE DA CHAMA

Vídeo 3

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VcZmntmWrFg>

DIFRAÇÃO DA LUZ

Vídeo 4

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vuQz8wee23k>

QUÃO PEQUENO É O ÁTOMO.

Vídeo 5

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=BNIH4hkA_-4

EXTRAÇÃO DO ALUMÍNIO

Vídeo 6

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4ml9e3_nYg0

CONFIGURAÇÕES

Vídeo 7

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gOYeYQhC3ns>

ANEXO E – Autorização da Pesquisa

SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO**Programa de Pós Graduação: Mestrado Acadêmico em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias - UNOPAR****Ilmo Sra. Diretora Jessica Elizabeth Gonçalves Piere**

Apresentamos o aluno do Programa de Mestrado Acadêmico em Metodologias para o Ensino de Linguagens e suas Tecnologias, da UNOPAR Vagnes Gonçalves da Silva, Orientado pela Profa. Dra. Andréia de Freitas Zompero, da Universidade Norte do Paraná, para com sua devida autorização realizar coleta de dados com alunos do segundo ano do Ensino Médio. O interesse da Pesquisa é investigar o desempenho na aprendizagem dos alunos submetidos a uma metodologia de ensino denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). Tal pesquisa tem como finalidade contribuir para práticas metodológicas mais satisfatórias no ensino e aprendizagem na disciplina de Física no Ensino Médio. Importante salientar que serão mantidos em anonimatos o nome do colégio e dos alunos participantes do estudo.

Londrina, 11 de março de 2014.

Profª orientadora Dra Andreia de Freitas Zompero
Mestrado Acadêmico em Metodologias para o Ensino de
Linguagens e suas Tecnologias

Profª Jessica Elizabeth Gonçalves Piere
Diretora do Colégio