



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Ciências Biológicas
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**TABELA PERIÓDICA: UMA INVESTIGAÇÃO DE COMO A
EXPERIMENTAÇÃO, A HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O PENSAMENTO
POR CONCEITOS CONTRIBUEM NO PROCESSO ENSINO-
APRENDIZAGEM**

RAFAEL ABDALA MENDONÇA RIBEIRO

Brasília – DF

2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**TABELA PERIÓDICA: UMA INVESTIGAÇÃO DE COMO A EXPERIMENTAÇÃO, A
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E O PENSAMENTO POR CONCEITOS CONTRIBUEM NO
PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM**

RAFAEL ABDALA MENDONÇA RIBEIRO

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências - Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

2013

DEDICO ESTE TRABALHO...

A minha querida mãe Valéria

Ao meu querido pai Horácio

A minha querida irmã Bruna

A minha amada namorada Érika

A todos os meus amigos que estiveram do meu lado

Ao meu grande orientador e amigo professor Bob.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a minha mãe por ter sempre estado ao meu lado nessa longa jornada, apoiando as minhas decisões.

Ao meu pai que sempre se interessou por meu trabalho, meu crescimento profissional e pessoal e que mais do que nunca precisa de um exemplo de superação das dificuldades encontradas, de modo que eu espero poder ser esse exemplo.

À minha querida namorada e futura esposa Érika por ter sempre sido a melhor pessoa do mundo, para mim, nos momentos que mais precisei.

Aos meus amigos por não me chamarem muito para sair nesse semestre me permitindo concluir esse trabalho.

Aos meus colegas do PPGEC, que sempre me deram o maior apoio e acreditaram que eu podia terminar esse trabalho.

Aos meus queridos chefes, Leísa Sasso, Luiz Eugenio e Atelmo Araújo, por me permitirem ficar em casa nos momentos cruciais para terminar de escrever minha dissertação.

Aos meus colegas de coordenação, que nunca reclamaram, quando eu não fui trabalhar para poder escrever e concluir o presente trabalho, em especial Sandra Regina pela ajuda que me deu com o Inglês.

Aos meus alunos da escola Ced São Francisco, em especial Dalila, Tiago, Samuel, Nádia e Raquel por participarem desse trabalho, me permitindo concluí-lo.

Às professoras Patrícia Fernandes Lootens Machado, Renata Cardoso Ribeiro Sá Razuck e Jeane Cristina Gomes Rotta, pelas contribuições feitas ao presente trabalho.

E agradeço profundamente o meu querido professor Roberto Ribeiro da Silva, por ter me ajudado em todos os momentos que eu precisei, por ter acreditado desde o começo em mim, ter me dito as coisas que eu precisava ouvir ao longo da produção desse trabalho e por nunca ter desistido de mim, até nos momentos em que eu pensei em desistir.

Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, por que tem a idade de seus preconceitos. Ascender à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado.

Gaston Bachelard

RESUMO

A tabela periódica dos elementos vem sendo apresentada nos livros didáticos ao longo dos anos como um conceito cotidiano, uma abordagem que dirige a atenção do aluno para os objetos a serem aprendidos. Isso pode levar os estudantes à memorização dos objetos relacionados à tabela periódica (raio atômico, eletronegatividade, potencial de ionização, etc.), ou ao não entendimento dos conceitos. Tendo essa problemática em vista, o presente trabalho se propõe a tentar responder se é possível trabalhar a tabela periódica em sala de aula como um conceito científico, ou seja, aquele que dirige a atenção para o próprio ato de pensamento e não para os objetos a serem aprendidos. Para responder a essa questão, estabelecemos a hipótese de que as contribuições da experimentação no ensino, da História da Ciência e do pensamento por conceitos com relações de subordinação e coordenação podem levar a uma melhora na aprendizagem da tabela periódica. Para testarmos essa hipótese, elaboramos uma proposta didática que visa romper com as formas tradicionais, apresentadas nos livros didáticos, de se ensinar a tabela periódica. A conclusão de que os livros didáticos abordam o assunto de forma tradicional veio da análise feita dos cinco livros didáticos escolhidos pelo Plano Nacional do Livro Didático PNLD/2012. Assim, a proposta didática se diferencia, pois apresenta uma série de experimentos contextualizados, que abordam algumas substâncias metálicas e ametais. Além disso, utilizamos a história da Ciência como forma dos alunos conhecerem a importância de alguns metais e ametais no desenvolvimento das civilizações humanas. E ainda, todos os conceitos trabalhados (substâncias, átomos, elementos químicos, propriedades de substâncias e de átomos) se encontram dentro de um sistema conceitual com relações de subordinação e coordenação. A proposta didática, composta de quatro unidades, foi aplicada em três turmas de segundo ano do ensino médio de uma escola pública do distrito federal, no 4º bimestre do ano letivo de 2012. Com base na análise dos dados coletados, foi possível verificar que a proposta obteve êxito em alguns pontos (apropriação do conceito de substância subordinado ao conceito de material, diferenciação das propriedades de átomos das propriedades das substâncias e entendimento de como a reatividade das substâncias é apresentada na tabela periódica), mas também foi possível verificar que a proposta precisa melhorar em outros pontos (apropriação do conceito de elemento químico e entendimento de como a distribuição eletrônica dos átomos explica o paramagnetismo de alguns metais). Concluindo assim, que a proposta precisa ser reaplicada com algumas modificações, para que se possa dizer se a proposta é adequada para alunos do ensino médio ou se seria necessário apresentar a proposta para professores em formação inicial nos cursos de Licenciatura em Química.

Palavras chave: Tabela periódica, História da Ciência, Experimentação, Conceitos Científicos, Elemento Químico

ABSTRACT

The periodic table of the elements has been presented in textbooks over the years as an everyday concept, an approach that directs the student's attention to the objects to be learned. This can lead students to memorize the objects related to the periodic table (atomic radius, electronegativity, ionization potential, etc.), or to the not understanding of the concepts. With this problem in mind, this paper proposes to try to answer whether it is possible to work the periodic table in the classroom as a scientific concept, that is, one that directs the attention to the very act of thinking and not to the objects being learned. To answer this question, we established the hypothesis that the contributions of experimentation in teaching, the History of Science and the thinking by concepts in relations of subordination and coordination can lead to an improvement in the learning of the periodic table. To test this hypothesis, we developed a didactic proposal that aims to break with the traditional ways of teaching the periodic table presented in textbooks. The conclusion that the textbooks approach the subject traditionally came from the analysis of the five textbooks chosen by the Plano Nacional do Livro Didático PNLD/2012. Thus, this didactic proposal is different because it presents a series of experiments in context, addressing some metallic and nonmetallic substances. Furthermore, the use of History of Science as a way to let the students know the importance of some metals and nonmetals in the development of human civilizations. Also, all concepts studied (substances, atoms, chemical elements, properties of substances and atoms) are within a conceptual system with relations of subordination and coordination. The didactic proposal, consisting of four units, was administered to three groups of second year of high school in a public school of Distrito Federal, in the 4th quarter of the 2012 school year. Based on the data analysis, we found that the proposal was successful at some points (appropriation of the concept of substance, subordinated to the concept of material, differentiation of the properties of atoms from the properties of substances and understanding of how the reactivity of molecules is presented in the periodic table), but it was also possible to verify that the proposal needs to be improved in some points (appropriation of the concept of chemical element and understanding of how the electronic distribution of atoms explains the paramagnetism of some metals). We concluded that the proposal needs to be reapplied with some modifications, so we can tell whether the proposal is appropriate for high school students or if it would be necessary to present the proposal to teachers in initial training courses in Chemistry Degree.

Keywords: Periodic Table, History of Science, Experimentation, Scientific Concepts, Chemical Elements

SUMÁRIO

Introdução.....	11
1. A experimentação e o ensino de Química.....	15
1.1 A experimentação ao longo da história.....	15
1.2 O papel da experimentação no ensino de Química.....	17
1.3 Os obstáculos que dificultam a inserção experimentação no ensino.....	21
1.4 A experimentação em sala de aula.....	23
1.5 Finalizando... ..	27
2. História da Ciência e o ensino de Ciências.....	28
2.1 A História da Ciência nos currículos de Ciências ao longo do século XX.....	28
2.2 A História da Ciência e a natureza da Ciência.....	32
2.3 As vantagens em um currículo de Ciências que levem em conta uma abordagem histórica.....	34
2.4 O ataque à história externalista e a abordagem internalista.....	36
2.5 A utilização da história da Ciência segundo ambas as abordagens.....	38
2.6 Finalizando... ..	40
3. Formação de conceitos científicos.....	42
3.1 As concepções sobre a formação de conceitos	42
3.2 A visão vigotskiana acerca da formação de conceitos.....	44
3.3 Sistemas de conceitos científicos em Química	47
3.4 Finalizando... ..	54
4. O estudo da tabela periódica.....	55
4.1 Um breve histórico sobre a evolução do conceito de elemento químico.....	55
4.2 As propriedades periódicas de substâncias e átomos	59
4.3 A definição de Mendeleiev para elemento químico e a definição atual	64
4.4 As concepções alternativas	67
4.5 Finalizando... ..	68
5. Metodologia.....	69
5.1 Descrição metodológica da pesquisa.....	69
5.2 Condições em que a pesquisa foi aplicada.....	70
5.3 Sujeitos participantes da pesquisa.....	70
6. Resultados.....	72
6.1 Como a tabela periódica é tratada nos livros do PNLD?.....	73
6.1.1 Presença de confusão entre os conceitos de átomo, substância e elemento químico.....	74
6.1.2 Conceitos da tabela periódica que são abordados.....	76

6.1.3 Presença de atividades experimentais sobre o assunto.....	78
6.1.4 Origem da tabela periódica.....	79
6.2 Elemento químico, substância e átomo.....	83
6.3 Os metais.....	94
6.3.1 FERRO.....	96
6.3.1.1 Corrosão do ferro.....	97
6.3.1.2 Reatividade do ferro.....	99
6.3.1.3 Imantação do ferro.....	102
6.3.2 – COBRE.....	105
6.3.2.1 – Formação do azinhavre.....	105
6.3.2.2 – Deposição espontânea do cobre.....	108
6.3.3 – ZINCO.....	111
6.3.3.1 – Metal de sacrifício.....	111
6.3.3.2 – Obtenção do latão.....	114
6.3.4 – ALUMÍNIO.....	116
6.3.4.1 – Reciclagem do alumínio.....	117
6.3.4.2 – Desentupidor de pias.....	119
6.4 – Os não-metais.....	122
6.4.1 – ENXOFRE.....	122
6.4.1.1 – Chuva ácida.....	122
6.4.2 – OXIGÊNIO.....	125
6.4.2.1 – Combustão completa x combustão incompleta.....	125
6.5 – A história da tabela periódica.....	128
Considerações finais.....	134
Referências bibliográficas.....	139
Apêndice.....	143

INTRODUÇÃO

A tabela periódica costuma ser assunto o qual os professores apresentam muita dificuldade para ensinar. Mas por que isso acontece? Grande parte dessa dificuldade no entendimento, por parte dos alunos e professores, se encontra no entendimento do conceito de elemento químico. O conceito de elemento químico pode ser classificado como um conceito estruturante, ou seja, “[...] aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais” (OKI, 2002, p. 17). No entanto, percebe-se que há problemas no que tange ao seu significado. Por exemplo, notamos que há uma confusão no significado de elemento químico, como vemos no seguinte trecho. “Os elementos químicos estão envolvidos em inúmeras aplicações relacionadas ao cotidiano” (PERUZZO; CANTO, 2010, p. 118). Ou seja, nesse trecho, extraído de um livro didático, podemos perceber problemas conceituais em relação à definição atual de elemento químico (conforme será visto adiante), pois elementos químicos são tratados como se fossem substâncias ou átomos. Esse é apenas um dos problemas que surgem quando se trata do ensino/aprendizagem da tabela periódica. Podemos ainda citar outros, conforme vemos a seguir.

Atualmente existe uma grande demanda por parte dos professores por experimentos de química que possam ser realizados em sala de aula, e experimentos que abordem a tabela periódica não são uma exceção a essa demanda. Em parte isso é algo bom, pois significa que um grupo de professores está de fato interessado em melhorar o ensino de Química, pois perceberam que o ensino dessa disciplina no nível puramente teórico leva a baixos índices de aprendizagem. No entanto, existe um problema atrelado a essa grande demanda, pois a maioria dos professores não compreende qual de fato é o papel da experimentação no ensino de Química e um dos motivos dessa falta de compreensão é o desconhecimento da Natureza da Ciência, conforme argumentaram Silva e Zanon.

Pesquisas revelam a prevalência de visões essencialmente simplistas sobre a experimentação no Ensino de Ciências. Muito se tem discutido a esse

respeito e, como sabemos, ainda é amplamente vigente a aceção de experimentação como mera atividade física dos alunos (*manipulam, “vêem a teoria com seus próprios olhos”*), em detrimento da interação e da atividade propriamente cognitiva/mental.

Como dizia uma professora, as aulas práticas são importantes para que os alunos *‘vejam com seus próprios olhos’*, para que os alunos *‘vejam a realidade como ela é’*, para que tirem suas próprias conclusões e seus próprios conhecimentos *‘descobrimo a teoria na prática’* (SILVA; ZANON, 2000, p. 121).

Sendo assim, o que acaba ocorrendo é o surgimento de mais problemas, por parte de professores que acreditam que só fazendo o experimento é o suficiente para atingir a aprendizagem (ativismo), e por parte de alunos, que se contentam apenas com o fenômeno, criando assim obstáculos para aprendizagem dos conceitos científicos, conforme apontou Bachelard.

Em resumo, no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno (BACHELARD, 2011, p. 50).

Apresentamos então alguns problemas verificados quando o assunto tratado é o ensino de Química e mais especificamente, o ensino da tabela periódica. Esses problemas citados podem ser focados em uma pergunta que contemple toda a problemática que decidimos investigar, pois conforme Bachelard:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 2011, p. 18).

Com esse pensamento de Bachelard em mente, formulamos a seguinte pergunta, base para o presente trabalho: A tabela periódica vem sendo tradicionalmente tratada como conceito cotidiano, como trabalhá-la em sala de aula como conceito científico?

Para responder a essa pergunta, acreditamos na hipótese de que as contribuições da História da Ciência, da experimentação no ensino de Ciências e do pensamento em conceitos hierarquizados em relações de coordenação e subordinação facilitam a aprendizagem da tabela periódica.

Nesse sentido, o objetivo geral desse trabalho é romper com a didática tradicional que o assunto vem sendo tratado, de forma a subsidiar o trabalho de professores que buscam inovar nas formas de ensinar.

Apresentamos como objetivos específicos:

- Verificar como os livros didáticos abordam a tabela periódica e analisar se o conteúdo é abordado de forma tradicional;
- Produzir um material didático que se contraponha ao que tradicionalmente tem sido feito e que aborda conceitos relevantes para o entendimento da tabela periódica, como o conceito de substâncias, átomos e elementos químicos, de modo que os alunos compreendam como esses conceitos aparecem na tabela periódica;
- Realizar experiências em sala de aula, de modo que os alunos conheçam algumas propriedades e características de substâncias metálicas e não metálicas;
- Analisar a história da construção da tabela periódica de modo que os alunos percebam como se dá a evolução de um conhecimento científico.

Essa dissertação de mestrado se encontra dividida em sete partes principais em que, na primeira parte procurou-se apresentar como se deu a utilização da experimentação no ensino de Ciências ao longo da história, qual é o papel da experimentação, quais são os problemas relacionados ao uso da experimentação e recomendações para seu uso em sala de aula.

Na segunda parte, foi apresentado como se deu a inserção de aspectos da História da Ciência nos currículos ao longo dos anos, como a compreensão da História da Ciência nos ajuda a compreender algo acerca da Natureza da Ciência, e as diferenças entre as abordagens internalista e externalista da História, junto com recomendações para seu uso em sala de aula.

Na terceira parte, foram apresentadas algumas concepções antigas sobre formação de conceitos, concepções estas que ainda permanecem, a visão de Vigotski acerca de como se dá a formação de conceitos científicos e a formação de conceitos especificamente em Química.

Na quarta parte, apresentamos a evolução do conceito de elemento químico atrelada à evolução a tabela periódica, apresentando alguns conceitos que serão abordados durante a aplicação do módulo didático.

Na quinta parte apresentamos o desenho metodológico utilizado para realizar a pesquisa proposta no presente trabalho.

Na sexta parte, foram apresentados os resultados obtidos durante a análise dos livros didáticos selecionados pelo PNLD 2012 e também apresentamos os resultados obtidos durante a aplicação do módulo didático em sala de aula, com a avaliação quantitativa e qualitativa da aprendizagem dos alunos.

Na sétima e última parte apresentamos algumas considerações acerca da análise feita e sobre quais foram as contribuições do presente trabalho.

Diante do que foi apresentado, espera-se que esse seja um trabalho com valor científico e pedagógico apreciável, sem se esquecer das contribuições teóricas, tão importantes para orientar o olhar do professor, ao se deparar com os problemas mencionados.

CAPÍTULO 1

A experimentação e o ensino de Química

A não dissociabilidade teoria-experimento é algo que devemos ter em mente ao falarmos de experimentação no ensino de Química. Essa não dissociabilidade implica que o professor não pode enfatizar somente o conteúdo teórico, o que torna as aulas desinteressantes, mas também não pode enfatizar somente o fenomenológico, realizando assim, os chamados “*shows de Ciências*”. Então, como que se deve proceder ao inserir a experimentação? Será que o papel da experimentação no ensino de Ciências foi sempre o mesmo? Vamos responder essas e outras perguntas nos tópicos seguintes, começando com um breve histórico da experimentação no ensino de Ciências.

1.1 - A experimentação ao longo da história

Desde o século XVIII, os filósofos reconhecem o papel da experimentação no ensino de Ciências, no entanto, foi somente no final do século XIX que atividades experimentais foram inseridas nos currículos de Ciências ingleses e americanos. Porém, foi somente na segunda metade do século XX que a experimentação se consolidou como estratégia de ensino nas escolas (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Em relação ao Brasil, as atividades experimentais em laboratório foram trazidas pelos portugueses. Eles indicavam a necessidade do estudo da Química estar associado ao trabalho prático, como demonstrado pelos estatutos da Universidade de Coimbra no século XVIII:

Como as lições teóricas nesta Ciência (Química) não podem ser bem compreendidas, sem a prática delas: deverá o Professor [...] dar as lições competentes de Prática no Laboratório; nas quais não fará dos seus discípulos meros espectadores; mas sim os obrigará a trabalhar nas mesmas Experiências, para se formarem no gosto de observarem a Natureza; e de contribuírem por si mesmos ao adiamento, e progresso nesta Ciência. A qual não se enriquece com sistemas vãos, e especulações ociosas, mas com descobrimentos reais, que não se acham doutro modo senão observando, experimentando e trabalhando. O Lente será por isso obrigado a dar por mesmo aos seus discípulos exemplo do trabalho, e consciência que se requerem no Observatório da Natureza (PEREIRA, 2008 apud. Dias¹, 1998, p. 3).

¹ DIAS, J. J. C. T. O ensino experimental em Química. In: PORTUGAL, Ministério da Educação, Departamento de Ensino Secundário. Comunicar Ciência. ano 1, n. 1, 1998.

Percebe-se nessa indicação que um valor muito grande era dado ao fazer por parte do aluno, de forma a não ficar espaço para “especulações ociosas”. Essa perspectiva extremamente empirista orientou o discurso de agentes ligados à educação em Ciências por quase todo o século XX e ainda está presente de forma latente nas concepções dos professores sobre experimentação (PEREIRA, 2008).

Pode-se atribuir essa ênfase na experimentação em detrimento da teoria no ensino de Química como uma resposta a um determinado contexto socioeconômico o qual Portugal passava na época. Por se tratar de uma nação possuidora de várias colônias, das quais eram obtidas matérias-primas (ouro, prata, pau-brasil, açúcar etc.), Portugal demandava mão-de-obra com conhecimento técnico. Dessa forma, os professores de Ciências deveriam formar estudantes com conhecimentos voltados para a exploração de minas, produção de metais, trabalho com altos-fornos etc. No entanto, por razões históricas, houve um retrocesso em Portugal no final do século XVIII, de forma que o ensino passou a ser de cunho meramente livresco, orientado por uma retórica humanista (PEREIRA, 2008).

No Brasil, somente no começo do século XX que houve uma tentativa dos órgãos oficiais de inserir a experimentação nos currículos de Ciências, com uma recomendação para que as instituições de ensino se equipassem com laboratórios. Na década de 1930, devido à influência do movimento da Escola Nova, a experimentação ganha nova força, aproximando-se da proposta do educador americano John Dewey, que valorizava o fazer por parte do aluno. Na concepção deste movimento (Escola Nova), o ensino de Ciências não poderia ser memorizador, favorecendo a passividade por parte dos alunos, mas sim valorizando o fazer do aluno, e que deveria estar associado a uma realidade contextualizada, incluindo assim, atividades experimentais (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Nos anos seguintes, vários programas foram criados com o objetivo de traduzir e comercializar materiais americanos que são conhecidos como os livros do Sputnik. Os materiais americanos têm esse nome porque foram criados após o lançamento do satélite russo Sputnik, na década de 50. Tinham como objetivo a formação de cientistas engajados na pesquisa, de forma a acelerar o desenvolvimento científico nos EUA, culminando assim com o fim da corrida espacial em 1969, com a chegada do homem à lua. Esses materiais americanos (Biological Science Curriculum Study – BSCS; Physical Science Curriculum Study – PSCS;

Chemical Bonding Approach – CBA; Chemical Education Material Study – CHEMS) influenciaram a produção de materiais de ensino de Ciências no Brasil e tinham como pressuposto o método da descoberta, no qual a experimentação naturalmente conduziria os estudantes aos conceitos científicos (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Atualmente, os programas institucionais não enfocam especificamente a experimentação, mas buscam uma melhora geral no ensino, procurando atuar em diversas frentes como, por exemplo: materiais didáticos por meio do Programa Nacional do Livro Didático– PNLD; processo de formação inicial de professores com o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – Pibid; e por meio de formação permanente e continuada dos professores da educação básica (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Apesar de atualmente não haver um programa específico para a inclusão de experimentação no ensino de Química, podemos ver que ela é defendida em documentos oficiais, como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCNEM:

Com relação à experimentação, é importante considerar que ela, por si só, não assegura a produção de conhecimentos químicos de nível teórico-conceitual, significativos e duradouros, mas cumpre papel essencial, ajudando no desenvolvimento de novas consciências e de formas mais plenas de vida na sociedade e no ambiente. O aspecto formativo das atividades práticas experimentais não pode ser negligenciado a um caráter superficial, mecânico e repetitivo, em detrimento da promoção de aprendizados efetivamente articuladores do diálogo entre saberes teóricos e práticos dinâmicos, processuais e relevantes para os sujeitos em formação. Ou seja, é essencial que as atividades práticas, em vez de se restringirem aos procedimentos experimentais, permitam ricos momentos de estudo e discussão teórico/prática que, transcendendo os conhecimentos de nível fenomenológico e os saberes expressos pelos alunos, ajudem na compreensão teórico-conceitual da situação real, mediante o uso de linguagens e modelos explicativos específicos que, incapazes de serem produzidos de forma direta, dependem de interações fecundas na problematização e na (re) significação conceitual pela mediação do professor (BRASIL, 2006, p. 123 - 124).

Podemos perceber que de acordo com esse documento, a experimentação no ensino não segue mais o método da descoberta, de forma que a atuação do professor não é mais do que a de um mediador. Além disso, podemos notar que esse trecho do documento traz uma ressignificação para o papel da experimentação no ensino de Química. Mas qual seria esse papel? Discutiremos isso no próximo tópico.

1.2 - O papel da experimentação no ensino de Química

“A experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias. Desta forma, o aprender Ciências deve ser sempre uma relação constante entre o fazer e o pensar” (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 235). Esse trecho trata da relação teoria-experimento, de como o fazer e o pensar devem sempre andar juntos no que tange o ensino de Ciências. A mesma ideia de experimentação no ensino ainda pode ser vista no trecho abaixo.

Segundo nosso pensamento, as *atividades práticas* podem assumir uma importância fundamental na promoção de aprendizagens significativas em ciências e, por isso, consideramos importante valorizar propostas alternativas de ensino que demonstrem essa potencialidade da experimentação: a de ajudar os alunos a aprender através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do *conhecimento escolar* em ciências (SILVA e ZANON, 2000, p. 134).

Mas para entender como se dá essa relação, devemos antes entender que papel a teoria e o experimento desempenham no ensino. A experimentação, entre outras coisas, busca trazer para o ambiente de sala de aula fenômenos macroscópicos e observáveis, de forma que a partir desses fenômenos pode-se entender a explicação que a Ciência traz. Essa explicação é denominada de teoria científica e apresenta algumas características interessantes, como descreveremos a seguir.

Uma teoria científica geralmente deve ter potencial para explicar diversos fenômenos análogos, característica denominada de generalização. Quanto mais fenômenos análogos essa teoria explicar, maior sua capacidade de generalização (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Por exemplo, a observação de várias barras de ferro que se expandem com o aquecimento pode levar a formulação de uma teoria com base em outras teorias que tratam da natureza da matéria. Nesse caso específico, a Ciência Química explica esse fenômeno (dilatação de barras de ferro com o aquecimento) como um aumento da energia cinética dos átomos que formam os constituintes da barra, devido ao aquecimento, que conseqüentemente provoca um maior afastamento entre os átomos aumentando assim os espaços vazios. Podemos então observar outros tipos de metais (ouro, prata, cobre, zinco, etc.) quando aquecidos, se eles se expandirem também, quer dizer que a teoria inicial se aplica a outros casos análogos, ou seja, possui boa capacidade de generalização,

pois explica não somente um fenômeno, mas uma série de fenômenos. Essa explicação é formulada baseando-se numa série de pressupostos, como o de que os constituintes das barras de ferro são formados por átomos, que esses átomos vibram mais com o aquecimento e que ainda existem espaços vazios entre eles. Porém, todos esses pressupostos são puramente teóricos, ou seja, não são passíveis de observação, são criações humanas. Então, quando uma teoria explica com sucesso uma situação análoga, não estamos provando a veracidade dessa teoria, estamos apenas testando sua capacidade de generalização (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Outra característica interessante com relação às teorias é a sua potencialidade de previsão. Ou seja, de posse de uma teoria, é possível tentar prever o que vai acontecer em um determinado fenômeno sobre o qual a teoria versa, antes de ser feita a experiência. Utilizando o exemplo das barras de ferro, temos uma teoria que diz que os metais se dilatam quando aquecidos, pois com o aquecimento temos o aumento da agitação dos átomos que formam os constituintes das barras, com o aumento dos espaços vazios entre eles. Essa teoria nos permite prever que se esfriarmos as barras metálicas haverá uma diminuição na agitação dos átomos dos constituintes das barras metálicas, conseqüentemente haverá uma diminuição nos espaços vazios, levando a barra a se contrair. Para testarmos se essa previsão faz sentido, precisamos ir ao laboratório e resfriar várias barras metálicas e observar os resultados. Lembrando mais uma vez que ao fazer isso, não estamos provando a veracidade de uma teoria, mas sim testando a sua capacidade de previsão. No entanto, hoje em dia, as teorias estão em um grau de complexidade extremamente elevado, de forma que elas são capazes de prever fenômenos nunca antes observados, como por exemplo, na Mecânica Quântica, com o desenvolvimento do raio laser (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

São justamente essas duas características de uma teoria científica (generalização e previsão) que conferem um caráter investigativo para a experimentação no ensino. No entanto, entre os professores é bem comum a concepção de que a experimentação serve para comprovar uma determinada teoria e, dessa forma, melhoraria a aprendizagem dos alunos (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010). Essa ideia consiste numa herança do Positivismo Lógico do início do século

XX, que tratava o conhecimento científico como uma forma segura e infalível de se ter acesso a realidade.

Para entendermos o papel do conhecimento científico como uma representação da realidade e não uma cópia dela, precisamos usar um exemplo. Quando um professor de Química quer tratar do sal de cozinha em sua aula, muitas vezes já recorre a sua fórmula química NaCl, que ele escreve no quadro. A partir daí, esse professor já tende a tratar essa fórmula do quadro, NaCl, como se fosse o sal de cozinha real, o que é problemático. O sal de cozinha é um material com propriedades macroscópicas, como a cor branca, o sabor salgado e a forma de pequenos cristais. Ao escrever no quadro, NaCl, esse professor, na tentativa de capturar o sal de cozinha em uma palavra, na verdade acabou se distanciando do mundo concreto, pois a fórmula, NaCl, não é o sal de cozinha, mas uma representação da substância predominante no sal de cozinha. Todas as propriedades relativas ao sal de cozinha foram suprimidas em favor de um conjunto de quatro letras, NaCl. Podemos então transpor esse raciocínio para qualquer conhecimento científico, que nada mais é do que uma tentativa do homem de tentar entender o mundo concreto. Mas ao criar uma representação com o objetivo de se aproximar do mundo, o que acontece na verdade é um distanciamento, pois o conhecimento científico é uma nova realidade abstrata criada pelo homem (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Como vimos anteriormente, no exemplo da barra de ferro que se dilata, uma determinada teoria científica está apoiada sobre uma série de conceitos também denominados científicos. Então, admitir que uma teoria seja comprovada por um experimento, implica em admitir que uma série de conceitos também sejam comprovados por aquele experimento. Isso é algo equivocado pelo fato de um mesmo experimento ter várias explicações dadas pela Ciência ao longo do tempo. Ou seja, admitir que uma teoria foi comprovada significa admitir que nós não precisamos mais procurar explicações, levando a Ciência assim, à estagnação.

Com tudo o que foi dito sobre qual é papel da experimentação e qual não é o seu papel, podemos concluir que não é qualquer tipo de inserção de atividades experimentais no ensino que de fato serão efetivas para promover a aprendizagem por parte dos alunos. No entanto, não é somente essa visão distorcida sobre a natureza do conhecimento científico que constitui um obstáculo para a inserção de

experimentação no ensino, outros problemas também são detectados, como veremos a seguir.

1.3 - Os obstáculos que dificultam a inserção da experimentação no ensino

O trabalho de Hodson (1994) indica que para haver um posicionamento crítico com relação a experimentação, devemos responder as quatro perguntas seguintes: a) O trabalho de laboratório motiva os alunos? b) O trabalho prático desenvolve nos alunos habilidades técnicas, e elas são importantes? c) O trabalho de laboratório é eficaz didaticamente? d) Trabalhando em laboratório qual deve ser a visão sobre Ciências que os alunos adquirem? Essas perguntas são derivadas de crenças típicas dos professores para o uso de trabalho em laboratório. É possível ver que um trabalho feito de forma inadequada responde de forma ineficaz a essas perguntas, como será demonstrado a seguir.

a) As atividades experimentais não são intrinsecamente motivadoras se os alunos são obrigados a seguirem um roteiro pré-definido, com pouca margem para a investigação. Nesse sentido, uma atividade mais simples que apresenta maior desafio cognitivo tem maior capacidade de motivar os alunos, desde que não seja muito simples ou muito complexa (HODSON, 1994).

b) Não faz sentido desenvolver habilidades técnicas nos alunos se não se sabe *a priori* qual carreira eles vão seguir. Sendo assim, não justifica fazer os alunos decorarem nomes de vidrarias, ou fazê-los montarem equipamentos. Isso acarreta em um desvio de esforço que em nada vai influenciar na aquisição dos conceitos científicos (HODSON, 1994).

c) A experimentação não possui eficácia didática superior em relação a outras técnicas. Ela se propõe a trazer algo de diferente que não está presente nas aulas tradicionais de quadro e giz (HODSON, 1994).

d) Essa questão se assemelha com o que foi dito sobre a visão Positivista com a qual os professores costumam entender a natureza da Ciência e da experimentação. Para os professores, a mera observação de fenômenos levará os alunos a compreenderem os conceitos científicos existentes na natureza. Essa visão traz uma

concepção perigosa, que pode levar os alunos a interpretarem a Ciência como infalível, neutra e que sempre progride em direção ao bem da humanidade. Além disso, esse tipo de concepção favorece a existência de um único método científico aplicável a qualquer campo da Ciência (HODSON, 1994).

Com relação a essa última crítica feita por Hodson, pode-se argumentar ainda que a manutenção de uma visão distorcida sobre a natureza da Ciência leva a preservação do modelo de ensino com base na transmissão-recepção de conteúdos. Isso ocorre, pois a ideia de uma Ciência neutra e linear gera a concepção de que professores e estudantes são sujeitos passivos com relação ao conhecimento que lhes é apresentado. Uma vez que o professor assuma que a Ciência representa o verdadeiro e definitivo, ele irá exigir de seu estudante assuma a ideia de que só pode haver uma resposta para qualquer problema proposto, solapando assim, qualquer pensamento crítico por parte do estudante (SILVA e ZANON, 2000).

É possível notar que as críticas de Hodson (1994), se referem principalmente ao trabalho em laboratório, porém não podemos entender a experimentação como prática exclusiva de laboratório. Esse pensamento inclusive caracteriza um obstáculo para a inserção de atividades experimentais no ensino de Ciências nas escolas, da mesma forma que os problemas citados a seguir.

- *A falta de laboratórios nas escolas;*
- *A deficiência dos laboratórios, traduzida na ausência de materiais, tais como reagentes e vidrarias;*
- *A inadequação dos espaços disponibilizados para aulas experimentais, que, muitas vezes são salas comuns que não contam com instalações mínimas de água, gás, eletricidade, etc.*
- *A não conformidade dos laboratórios para a realização de aulas práticas no Ensino Médio, tendo em vista que estes foram projetados usando como modelo os laboratórios de universidades;*
- *A grade curricular de Ciências, em função do escasso tempo disponível, dificulta a inclusão de atividades de laboratório;*
- *O trânsito dos alunos para o laboratório, especialmente quando há necessidade de divisão da turma, perturba a rotina da escola e não é bem aceito pela administração;*
- *A organização das atividades na escola não prevê tempo para preparação das experiências, organização do laboratório antes e após as aulas experimentais;*
- *O desenvolvimento de atividades de laboratório em turno diferente daquele das aulas teóricas tem conduzido, em alguns casos, a uma maior desarticulação da relação teoria-experimento;*
- *A escassez de roteiros que contemplem explicitamente a relação teoria-experimento (extraído de SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 241 - 242).*

Ao explicitar esses pontos, que são citados pelos professores como obstáculos para a inserção de atividades experimentais no ensino, podemos notar

que eles se referem quase que exclusivamente aos problemas referentes aos laboratórios. Se for possível admitir que experimentação seja viável fora do ambiente de laboratório, então grande parte desses problemas será solucionada.

Nesse sentido, passamos todo esse tópico esclarecendo principalmente os problemas referentes à experimentação e apontando aquilo que os professores não deveriam fazer. Encerraremos então esse capítulo trazendo sugestões sobre o que os professores poderiam fazer para que houvesse uma melhora com relação à utilização de experimentação no ensino de Ciências.

1.4 - A experimentação em sala de aula

No tópico anterior, foi falado sobre a possibilidade de haver experimentação fora do ambiente de laboratório, mas será que isso é possível?

O importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas em atividades que podem ser puramente de pensamento. Neste sentido, podemos pensar que o núcleo dos métodos ativos (pode-se até chamá-lo de trabalhos ou atividades práticas, para significar que está orientado para algum propósito), não envolve necessariamente atividades típicas do laboratório escolar (BORGES, 2002, p. 295).

Conforme visto na citação anterior, sim, é possível desatrelar a experimentação dos laboratórios. No entanto, ainda ficaria uma questão. Que outros ambientes poderiam ser usados para atividades experimentais? Para entender como isso é possível, precisamos ampliar o conceito de *atividades experimentais*.

Nesta ampliação cabem como atividades experimentais aquelas realizadas em espaços tais como a própria sala de aula, o próprio laboratório (quando a escola dispõe), o jardim da escola, a horta, a caixa d'água, a cantina e a cozinhadela escola; além dos espaços existentes no seu entorno, por exemplo parques, praças, jardins e estabelecimentos comerciais (feiras livres, supermercados, farmácias, oficinas de marcenaria, metalúrgicas, mecânicas, etc.). Também podem se inserir nessas atividades visitas planejadas a museus, estações de tratamento de água e esgoto, indústrias, etc.

Há uma diversidade de espaços, em que atividades experimentais têm grande chance de serem significativas, isto é, são espaços que fazem parte de suas vivências cotidianas, com possibilidades de atenderem a uma gama de interesses presentes na comunidade em que a escola está inserida (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 244 – 245).

Com esse conceito ampliado de experimentação em mente, convém falar um pouco sobre como o professor pode proceder a fim de aplicar a experimentação em suas atividades.

Qualquer proposta de ensino que queira utilizar atividades experimentais no sentido de tentar resolver os problemas anteriormente citados, precisa ressaltar a importância da relação teoria-experimento. Essas propostas são fundamentadas em uma nova maneira de conceber ensinar e aprender Ciências, pois elas procuram identificar e explorar as ideias e os pontos de vista dos estudantes e assim, ajuda-los a explorar, desenvolver e modificar suas ideias ao invés de sempre fazê-los começarem do zero (SILVA E ZANON, 2000). Assim, se intenciona levar os alunos a refletirem sobre suas formas de representar o mundo, de maneira a ampliar essas formas quando elas se mostram limitadas para explicar os fenômenos (PEREIRA, 2008).

Neste momento torna-se necessário apresentar uma maneira de como o professor pode de fato levar a experimentação para a sala de aula, baseado em tudo o que foi dito. Comentaremos então das atividades experimentais demonstrativas-investigativas, que se tratam de atividades em que o professor inclui durante as aulas, alguns fenômenos simples que podem ser articulados com a teoria científica que está sendo apresentada para os estudantes. Tais atividades se apresentam na forma de experiências abertas, ou seja, aquelas em que não há necessidade de alcançar resultados quantitativos tabelados, e que os estudantes possam relacionar as suas observações com alguma teoria (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010) .

Para se realizar uma atividade demonstrativa-investigativa eficazmente, torna-se necessário iniciar o trabalho por meio de uma pergunta que desperte a curiosidade dos alunos. Em seguida, é necessário que os alunos façam a observação macroscópica do fenômeno de modo que eles possam tentar formular explicações para o que foi observado. Assim, o professor pode identificar concepções prévias dos estudantes, para que seja feita a interpretação microscópica, ou a explicação teórica do fenômeno. Lembrando que essa interpretação deve ser feita levando em consideração as ideias prévias dos alunos. Após o fim das explicações teóricas e o esclarecimento das dúvidas dos alunos é que se recomenda a utilização da expressão representacional, que sintetiza o que foi apresentado na linguagem científica (gráficos, modelos, equações, etc.). Para

finalizar a atividade, é necessário apresentar a resposta da pergunta formulada inicialmente, bem como a inclusão da interface CTS (implicações sociais, ambientais, sociológicas, tecnológicas, etc.) que pode ser relacionada com a pergunta inicial. Na perspectiva de avaliar a aprendizagem, pode ser solicitado que os alunos respondam questões que extrapolam o que foi aprendido, de modo que os alunos se utilizem do conhecimento aprendido para explicar situações análogas (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

Importante ressaltar que as atividades demonstrativas-investigativas devem se tratar de experiências que minimizem ao máximo a geração de resíduos, e os resíduos gerados devem poder ser reaproveitados ou descartados na rede de esgoto. Caso seja gerado algum resíduo que não possa ser descartado na pia, o professor deve saber como tratá-lo a fim de eliminar ou reduzir sua toxicidade para que possa ser descartado (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010).

O professor possui papel fundamental nesse trabalho, pois ele é o agente dinamizador que levará os alunos as formulações e as explicações, para os fenômenos explorados, que mais se aproximem das explicações científicas. “Tal exploração não se baseia na observação empiricamente construída mas, sim, na problematização, tematização e conceitualização com base em determinados aspectos práticos/fenomenológicos evidenciados” (SILVA e ZANON, 2000, p. 136) . Ao ouvir as vozes dos alunos, busca-se enriquecer os argumentos oferecidos com a inclusão de outros argumentos, que são apresentados pelo professor de forma dialógica. Consequentemente reforça-se o caráter social da Ciência, em que o conhecimento é apropriado pelo aluno com a contribuição de várias pessoas, rompendo assim, com a imagem do experimento como a fonte objetiva do saber (PEREIRA, 2008).

Importante ressaltar que não se trata do método da descoberta, pois esse método se baseia numa visão indutivista ingênua, em que os alunos devem olhar os fenômenos, livres de preconceitos e subjetividades, de forma a encontrar as leis ocultas na natureza. Essa abordagem, apesar de ser atraente, não é possível, conforme argumentou Chalmers (1993, p. 52 – 62), pois uma observação prescinde de uma teoria e, especialmente na Ciência, toda observação é teoricamente orientada. Essa ressalva é importante, pois é necessário que os alunos tenham uma base teórica que lhes permita compreender o que se vê, de forma a selecionarem os

dados que de fato interessam à compreensão do problema que se quer discutir (PEREIRA, 2008). Cabe ainda salientar o fato de que não se trata de comprovar teorias previamente aprendidas pelos alunos. Vamos lançar mão do exemplo da barra de ferro para tentar argumentar o ponto em questão. Ao demonstrar a dilatação de uma barra de ferro com o aquecimento, pode-se pedir para os alunos para tentarem explicar por que essa dilatação aconteceu. Chances são muito pequenas de eles enunciarem a explicação científica para o fenômeno sem ajuda do professor, mas o que se observa é que grande parte das respostas inclui a noção de átomos ou partículas de ferro. Percebe-se então que os alunos não observam o fenômeno ingenuamente, livre de contaminações teóricas, pois ao falar de átomos ou partículas, eles estão tentando aplicar aquilo que eles já aprenderam sobre a natureza da matéria, utilizando um conceito puramente teórico, que é o átomo.

Voltando para a questão do papel do professor na promoção da experimentação, vale dizer que sua tarefa é fazer os alunos perceberem a importância e a inconsistência de suas ideias, de forma que eles se apropriem de uma cultura científica, não com o objetivo de substituir o que se sabe, mas para que os alunos possam transcender o conhecimento de nível fenomenológico e seus saberes cotidianos (SILVA e ZANON, 2000). Trata-se então de uma proposta que leva os alunos a reconhecerem a indissociabilidade entre o fazer e o pensar, visando assim, superar a visão indutivista/empirista ingênua que permeia o método da descoberta. Trabalhando dessa forma, fica bem mais fácil articular os três níveis do conhecimento químico; o fenomenológico, o teórico e o representacional. Esses três níveis são formas de se classificar o conhecimento químico, em que o fenomenológico compreende as observações macroscópicas mediadas ou não por instrumentos. O teórico compreende o mundo microscópico, abstrato criado pela Ciência como forma de compreender melhor o mundo observável. O representacional que se relaciona às formas de se descrever as transformações na matéria por meio de símbolos e fórmulas. Cada um desses três níveis possui seu papel específico na descrição do mundo segundo a Química, de tal forma que nenhum deve se sobressair em relação aos outros (SILVA e ZANON, 2000). Ao darmos valor excessivo para o nível fenomenológico, pode-se acabar voltando ao método empirista ingênuo, ou então mostrar muitos fenômenos, mas com explicações pobres, o que caracteriza um *show* da Química e não experimentação

no ensino. Ao se dar muito valor para o nível teórico pode-se acabar desestimulando os alunos com tanta informação de alta complexidade e com baixo significado. E por último, ao se dar excessivo valor para o nível representacional, o professor estará valorizando habilidades de baixo nível cognitivo, como a memorização, o que afasta os alunos da aprendizagem dos conceitos científicos. Nesse sentido, uma proposta de experimentação no ensino, que objetive superar as dificuldades citadas, deve levar em conta a articulação entre esses três níveis para evitar que os alunos desenvolvam uma visão distorcida sobre a Ciência (PEREIRA, 2008).

1.5 - Finalizando...

Tendo em vista tudo isso o que foi dito sobre experimentação no ensino de Ciências, podemos concluir que não se pode falar em ensino de Ciências de qualidade sem essa articulação entre teoria e fenômeno, articulação esta que só pode ser atingida com o uso da experimentação. É necessário reconhecimento de suas potencialidades e limitações como estratégia didática, preparo por parte dos professores, e acima de tudo, disposição para tentar mudar e melhorar a situação em que se encontra a educação em Química.

CAPÍTULO 2

História da Ciência e o ensino de Ciências

O ensino de Ciências passa hoje por uma série de problemas, como a elevada evasão de alunos e professores das salas de aula, além dos elevados índices de analfabetismo científico. A História da Ciência não possui a resposta para todos esses problemas, mas possui algumas delas:

Podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165).

No entanto, a História da Ciência encontrou muita dificuldade para ser inserida nos currículos de Ciências, como explicitado no ensaio intitulado *Ensino e Filosofia da Ciência: vinte e cinco anos de avanços mutuamente excludentes*. Que consiste em um relato de como o ensino de Ciências se desenvolveu completamente afastado da História da Ciência. Nos últimos anos, no entanto, houve uma reaproximação desses dois campos, de forma que atualmente há um esforço maior no sentido de enriquecer o ensino de Ciências com as contribuições da História da Ciência (MATTHEWS, 1995). Em função disso, nesse capítulo vamos falar um pouco sobre como se deu a utilização da História da Ciência ao longo do século XX, alguns aspectos importantes que justifiquem sua inserção nas aulas de Ciências e algumas sugestões serão dadas de forma a guiar o trabalho do professor que queira lançar mão da História da Ciência no ensino de Ciências.

2.1 - A História da Ciência nos currículos de Ciências ao longo do século XX

Desde o início do século XX já haviam críticas sobre como se dava o ensino de Ciências, pois havia uma sensação de que a educação científica passava por uma crise comum entre os educadores (PEREIRA, 2008). Como resposta à essa sensação, já se faziam discursos favoráveis ao uso da História da Ciência, como mostrado no relato do eminente químico Wilhelm Ostwald citado por Jaffe (1938), segundo o qual havia

Um defeito na educação científica atual de nossos jovens. Isto é uma ausência de senso histórico e uma completa falta de conhecimento a respeito das grandes pesquisas sobre as quais o edifício da ciência se apoia (JAFFE ², 1938, apud: PEREIRA, 2010, p. 34).

Esse relato nos mostra que havia um questionamento no ensino voltado meramente para os conteúdos científicos, mesmo quando voltado para a formação de cientistas (PEREIRA, 2008). Ou seja, o argumento era de que o ensino deveria ser simultaneamente em e sobre Ciências, de modo que os alunos aprendessem algo acerca da natureza da Ciência (MATTHEWS, 1995). Havia ainda, outras posições favoráveis à inserção de História da Ciência, como a do proeminente pedagogo, John Dewey, que teceu críticas contundentes à educação de cunho meramente conteudista, focada na memorização e no intelectualismo. Dewey via na educação científica um instrumento poderoso para reforçar valores democráticos defendidos por ele (PEREIRA, 2008).

Em 1931, no Brasil, já havia recomendações para a utilização da História da Ciência no ensino de Química na Reforma Francisco Campos, como se segue:

Ao professor ainda compete referir, abreviadamente, a propósito das descobertas mais notáveis da Química, a evolução dos conceitos fundamentais através dos tempos, revelando aos alunos os grandes vultos da História, a cuja tenacidade e intuição devem a civilização contemporânea, além da satisfação espiritual de dilatar o conhecimento do mundo objetivo, o concurso dos processos químicos em benefício da saúde, das comodidades da vida, da defesa e do desenvolvimento das nações (CAMPOS, 1942).

Trata-se então de uma recomendação para utilização da História da Ciência amplamente influenciada pela visão positivista da Ciência, em que a história serviria para enaltecer os progressos realizados por grandes gênios (“os grandes vultos da História”). No entanto, apesar dessas dificuldades referentes à inserção da História e Filosofia da Ciência, é importante ressaltar que desde a década de 1930 já se entendia que o ensino de Química não deveria constituir apenas do ensino de conteúdos (PORTO, 2010). Ou seja, há muito tempo se critica uma educação que

²JAFFE, B. The history of chemistry and its place in the teaching of high-school chemistry. *Journal of Chemical Education*. n. 15 p.383-389. 1938.

prioriza somente a transmissão conceitual, que em nada favorece uma alfabetização científica.

De modo geral o intuito é o de superar uma perspectiva reduzida do ensino, objetivando levar o aluno a compreender a ciência de uma forma mais abrangente, e não como mera técnica pela qual se constrange a natureza em busca de respostas, tal como proposto pelo método indutivo de Bacon. O que se propõe é descrevê-la como parte do empreendimento humano (PEREIRA, 2008, p. 37).

Já no período do pós-guerra, houve uma mudança drástica nos currículos de Ciências do bloco capitalista. Essa mudança se caracterizou principalmente pela retirada de qualquer caráter humanista no ensino de Ciências em favor da inclusão de uma educação de caráter mais técnico. A corrida espacial foi o pano de fundo dessa mudança, pois após o lançamento do satélite artificial Sputnik pelos soviéticos, ficou uma sensação de inferioridade científica nos americanos e em seus aliados. Como resposta a essa sensação, os currículos escolares da década de 1950 foram alterados, dando uma grande ênfase ao ensino de Ciências e Matemática (PEREIRA, 2008). São dessa época os projetos citados no capítulo anterior (BSCS; PSCS; CBA; CHEMS), que consistiam em uma tentativa de se obter recursos humanos que rapidamente iriam elevar o desenvolvimento científico dos países do bloco capitalista ao nível que a ex-União Soviética havia atingido (PEREIRA, 2008). Esses projetos americanos chegaram ao Brasil e influenciaram muito os currículos de Ciências daqui. Havia na época o *slogan* “Faça Ciência e as coisas melhorarão” que demonstrava como se pensava na Ciência como solução para todos os males.

Com exceção do projeto de Física de Harvard desenvolvido sob orientação de James Conant (ex-reitor de Harvard) e do BSCS, que foi influenciado pelo filósofo e biólogo J.J. Schwab, todos os projetos americanos foram concebidos sem a participação de historiadores da Ciência (alguns projetos não contavam sequer com a participação de professores) (MATTHEWS, 1995). Vale comentar um pouco sobre a postura de Schwab, para defender que mesmo quando a educação tem um objetivo tão diferente da educação em Ciências atual, ainda há espaço para a incorporação de aspectos históricos nos currículos.

Schwab escreveu o *Manual do professor* do BSSC, no qual defendia a abordagem histórica, afirmando que “a essência do ensino de ciências como investigação deveria ser mostrar algumas das conclusões da ciência sob o ponto de vista da maneira como surgem e são experimentadas. [...] e deveria incluir também um tratamento honesto das dúvidas e da natureza incompleta da ciência”. A História também é defendida, pois “diz mais

respeito ao homem e aos fatos do que a concepções propriamente ditas”. Há um lado humano na investigação (MATTHEWS, 1995, p. 171 – 172).

Infelizmente, como foi dito, não foi o que aconteceu com a maioria dos projetos americanos, pois como objetivavam a formação rápida de cientistas, procuravam aproximar o ensino de Ciências com o trabalho do cientista. Assim, as únicas referências históricas que se encontram nos livros americanos era a exaltação da biografia de cientistas, vistos como gênios. Ao mostrar um cientista como uma pessoa extraordinária, esperava-se inspirar os alunos a seguirem a carreira científica. Interessante notar que até hoje ainda se encontra esse tipo de abordagem histórica em alguns livros didáticos.

Na década de 1970, a maioria dos projetos americanos entrou em declínio, devido ao alto custo que era mantê-los, pois neles exigia-se que os alunos atuassem como cientistas, havendo a necessidade de laboratórios bem equipados e professores bem treinados. Somando-se ao alto preço de manutenção dos projetos, houve ainda a constatação de que a maioria dos alunos não se interessava pela carreira científica, de forma que esses projetos foram abandonados. Para preencher esse vazio, os livros didáticos procuraram atender a nova demanda da sociedade brasileira, os vestibulares. Sendo assim, o que se fez foi simplesmente aproveitar o conteúdo teórico dos livros americanos e tirar todos os experimentos presentes. Buscava-se assim, uma suposta objetividade que corresponde aos pressupostos da pedagogia tecnicista (nome que se deu ao tipo de abordagem educacional da época), que se calcavam na perspectiva de neutralidade científica, inspirados nos princípios de racionalidade, eficiência e produtividade. Seguindo essa lógica, o material didático deveria conter apenas o essencial para levar os alunos a atingirem essas metas, sendo assim, ficou pouco ou nenhum espaço para incorporação de aspectos da História da Ciência no ensino (PEREIRA, 2008).

Atualmente, as demandas da sociedade são bem diferentes daquelas das décadas de 1960 e 1970, indicando que a escola também vem passando por mudanças. Uma referência sobre esse fato foi feita pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) quando se apontavam os motivos para as mudanças no ensino médio:

Nas décadas de 60 e 70, considerando o nível de desenvolvimento da industrialização na América Latina, a política educacional priorizou, como finalidade para o Ensino Médio, a formação de especialistas capazes de dominar a utilização de maquinarias ou de dirigir processos de produção [...]. Na década de 90, enfrentamos um desafio de outra ordem. O volume

de informações, produzido em decorrência das novas tecnologias, é constantemente superado, colocando novos parâmetros para a formação dos cidadãos (Brasil, 1999, p. 15).

Diante dessas mudanças, novas metas são estabelecidas para a educação, de modo que atualmente, temos um ambiente bem mais favorável à inserção de elementos culturais, tais como a História da Ciência no ensino de Química. Podemos notar que os documentos atuais que dão recomendações sobre a educação no Brasil indicam que não somente os conteúdos teóricos são importantes, mas também aspectos ligados à experimentação e à História e a Filosofia da Ciência, como se segue nas Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - OCNEM:

O que se pretende é levar o aluno a compreender e a reconhecer a natureza do conhecimento científico como uma atividade humana que, sendo histórica e socialmente construída, possui um caráter provisório, limitações e potencialidades, necessitando, pois, ser abordado em sua historicidade e em suas implicações na sociedade e em situações/ambientes diversificados [...]. A inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência reveste-se de um papel essencial para que o aluno possa desenvolver uma visão abrangente da Química em uma perspectiva transdisciplinar [...] BRASIL, 2006, p. 124 – 125).

As novas demandas da sociedade exigem uma postura diferenciada com relação aos professores de Ciências, sendo assim, a inserção de História da Ciência nos currículos pode responder a essas demandas. Mas como isso é possível? De que forma a inserção de História da Ciência pode contribuir para a formação de um cidadão crítico em relação à Natureza da Ciência?

2.2 - A História da Ciência e a Natureza da Ciência.

Um problema que se enfrenta hoje é a visão distorcida da Ciência, ou seja, alunos, professores e a sociedade em geral possuem ideias difundidas que não correspondem ao pensamento atual da natureza da atividade e do conhecimento científicos (PORTO, 2010). Podemos ilustrar esse argumento a partir de um texto extraído de um livro didático:

Certa vez uma criança se perdeu em uma floresta. Como fazia frio, decidiu procurar um material para atear fogo. À medida que trazia objetos para sua fogueira, observava que alguns queimavam e outros não. Para evitar

recolher objetos inúteis, começou a fazer uma lista dos que queimavam [...]. Essa organização da informação foi muito útil. Entretanto os galhos de árvores e os cabos de vassoura escassearam e ela tentou encontrar uma regularidade que a guiasse na procura de novos materiais combustíveis. Comparando a pilha de objetos que queimavam com a dos objetos que não queimavam, notou uma regularidade e propôs uma possível “generalização”: talvez objetos cilíndricos queimem [...]. No dia seguinte, a criança saiu à procura de objetos combustíveis, mas esqueceu-se de levar a lista. Entretanto, lembrava-se de sua generalização. Assim, voltou para seu acampamento trazendo um galho de árvore, uma velha bengala e três tacos de beisebol [...]. Em vista de suas previsões acertadas, a criança tornou-se mais confiante na sua generalização. No dia seguinte, deliberadamente deixou a lista no acampamento. Dessa vez, ajudada por sua regra, voltou sobrecarregada por três pedaços de cano, duas garrafas e um eixo de carro velho, tendo deixado de lado uma grande caixa de papelão cheia de jornais [...]. **Não pense que tudo isso seja apenas brincadeira - a ciência é exatamente assim. Fazemos certas observações, as organizamos, procuramos regularidades que nos ajudem no uso eficiente de nossos conhecimentos. As regularidades são enunciadas como generalizações chamadas teorias. Uma teoria é mantida enquanto condizente com os fatos conhecidos da natureza ou enquanto representa uma ajuda à sistematização de nosso conhecimento [...].** Se você se sente desencorajado pelo avanço titubeante da criança – ela ainda não descobriu que a caixa de jornais queimará -, tranquilize-se. Essa criança é um cientista, e seus passos vacilantes a levarão aos jornais. São os mesmos passos que nos levaram à compreensão da relatividade, à descoberta da vacina antipólio e a propulsão de foguetes para a Lua (NÓBREGA, O. S.; SILVA, E. R.; SILVA, R. H. **Química**. Volume único. São Paulo: Ática, 2005, com adaptações, p. 17 – 18, grifo nosso).

Esse trecho traz o chamado método indutivista ingênuo como a forma da Ciência trabalhar, método que conforme argumentou Chalmers (1993, p. 35 – 44), não explica os avanços da Ciência. Esse trecho nos chama atenção porque vem de um livro bastante atual que foi selecionado pelo PNLEM/2008. Além disso, o livro didático, de onde se extraiu esse trecho, cita como fonte o projeto americano da década de 1950, Chemical Education Material Study – CHEMS. Na década de 1950, os epistemólogos já tinham rejeitado o indutivismo como o *modus operandi* da Ciência, no entanto, essa rejeição não chegou aos currículos, pois se buscava que os alunos entrassem em contato com uma forma idealizada de Ciência, neutra, objetiva e assertiva. Difundir esse tipo de visão atualmente pode ser considerado um obstáculo para a educação científica que se busca.

A superação de tais visões distorcidas precisa ser um dos objetivos dos professores de Ciências, pois elas contribuem para o desinteresse e até rejeição dos estudantes à Ciência (PORTO, 2010). A História da Ciência pode ter um papel importante nessa superação de visões inadequadas, pois o estudo e a discussão de episódios da História da Ciência podem levar a reflexões sobre como os cientistas

trabalham, suas motivações e suas interações com a sociedade em geral (PORTO, 2010). Isso só será possível se os professores se convencerem de que não devem ensinar só os conteúdos científicos, mas também, algo acerca da natureza da Ciência, sobre o que ela tem de tão peculiar e característico. Afinal, não há dúvida de que a Ciência encontra um papel de destaque em nossa sociedade, se assim não fosse ela não seria incluída na educação básica para a cidadania. Se os professores conseguirem se apropriar dessa noção diferenciada de Ciência, eles encontrarão na História da Ciência uma aliada útil (PORTO, 2010).

Neste tópico falamos um pouco como a História da Ciência pode nos ajudar na compreensão da natureza da Ciência. No entanto, essa não é a única vantagem relacionada à utilização de uma abordagem histórica, como veremos no tópico a seguir.

2.3 - As vantagens em um currículo de Ciências que levem em conta uma abordagem histórica.

No texto de PEREIRA (2008) há uma série de justificativas além da apresentada no tópico anterior em favor da utilização da História da Ciência. Traremos abaixo essas justificativas e comentaremos um pouco sobre elas.

a) A história promove uma melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos;

Ao apresentar a história de um conceito, podemos mostrar que esse conceito é produto de um processo e não veio de forma pronta e acabada. Evita-se assim o adiestramento ou a doutrinação que não é o que se espera de uma educação científica.

b) A abordagem histórica conecta o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas;

Observa-se que os alunos apresentam concepções que diferem das explicações científicas. Muitas vezes essas concepções dos alunos se assemelham com as formas que antigos estudiosos descreviam certos fenômenos e assim, a História da Ciência poderia ajudar os estudantes a superar tais concepções. Podemos

citar como exemplo as concepções atomistas dos estudantes, pois se observa que elas em muito se assemelham com as concepções aristotélicas sobre a matéria. Semelhança, evidenciada nas dificuldades dos estudantes em conceber a ideia de espaços vazios. Essa dificuldade não será superada pela demonstração empírica, mas sim por uma negociação baseada em argumentos e que utilizem exemplos da História da Ciência (MORTIMER, 1995).

- c) História da Ciência é intrinsecamente motivadora;

Importantes episódios da História da Ciência e da cultura são conhecidos dos estudantes, como a alquimia, as grandes navegações, a antiguidade clássica, etc. Fatos esses que tratam de algum modo conhecimentos com os quais a Ciência lida, assim, um professor que se utilize das contribuições históricas pode motivar seus alunos para a aprendizagem dos conceitos.

- d) A história, pelo exame da vida de cada cientista, em seu período, humaniza os objetos de estudos da Ciência, tornando-os menos abstratos e mais envolventes;

Há uma noção comum às pessoas de que os cientistas são pessoas extraordinárias que trabalham com algo fora do comum. A História da Ciência pode ajudar os estudantes a verem que a criatividade e a imaginação (geralmente atribuídas aos artistas) são características indispensáveis ao trabalho do cientista. Podemos citar como exemplo a experiência de Faraday, que colocou um tubo de vidro bem na base da chama de uma vela e acendeu uma chama na outra extremidade do tubo. Com isso, ele demonstrou que o combustível da vela é a parafina em estado gasoso, e mais importante que isso, demonstrou a importância da criatividade no trabalho do cientista. Dessa forma, rompe-se com ideia de que o cientista só recorre à lógica e à Matemática em seu trabalho.

- e) A história favorece a interdisciplinaridade, pois vários episódios da História da Ciência contaram com a participação de várias áreas do conhecimento, como por exemplo, os estudos sobre as vitaminas (um assunto da Química). No período das grandes navegações (um assunto da História), antes do homem entender a importância das vitaminas para o organismo (um assunto da Biologia), milhares de marinheiros morriam de escorbuto e beribéri. Com isso, os navegadores que se lançavam ao mar raramente chegavam aos seus destinos, de modo que grande parte da nossa geopolítica (assunto da Geografia) foi

definida pelo sucesso ou fracasso de tais expedições. Dessa forma, a abordagem histórica atua no sentido de superar os currículos disciplinares, uma marca muito forte da nossa escola.

Falamos até agora sobre como se deu a inserção da História nos currículos de Ciência ao longo do século XX e como essa inserção pode nos ajudar a entender a Natureza da Ciência, combatendo o cientificismo e o dogmatismo. Além disso, discutimos algumas vantagens existentes em uma abordagem que leve em consideração aspectos históricos.

No entanto, a abordagem tratada até agora foi a abordagem externalista da História da Ciência, uma abordagem que coloca ênfase nos contextos históricos, ou seja, em como era a sociedade da época, como era a tecnologia da época e quais forças sociais levaram a determinado avanço científico. No entanto, existe ainda outra abordagem que coloca ênfase em outros aspectos, como veremos a seguir.

2.4 – O ataque à história externalista e a abordagem internalista.

Matthews (1995) afirma que a abordagem externalista da História da Ciência sofreu ataque de Martin Klein em 1972 quando disse:

Estamos, em outras palavras, planejando selecionar, organizar e apresentar esses materiais históricos, de forma, definitivamente, não histórica, ou até talvez, anti-histórica. Isto é bastante temerário, se estamos tão preocupados com a integridade e a qualidade da história que ensinamos quanto estamos preocupados com a física (KLEIN³, 1972, p. 12, apud: MATTHEWS, 1995).

E ainda:

Uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a história da física atenda as necessidades do ensino da física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. [...] É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, por que anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura (KLEIN³, 1972, p. 12, apud: MATTHEWS, 1995).

Klein ainda conclui que “[...] se o ensino de ciências de qualidade alimenta-se da história, esta só pode ser de má qualidade. Então, é melhor não se usar história do que usar-se história de má qualidade” (MATTHEWS, 1995). A preocupação de Klein era com a chamada pseudo-história, em que os professores de Ciências

³ KLEIN, M. J.: 1972, Use and Abuse of Historical Teaching in Physics, in S. G. Brush & A. L. King (eds.) History in the Teaching of Physics, University Press of New England, Hanover.

acabem deturpando os fatos históricos em busca de seus objetivos educacionais. Whitaker ⁴ 1979, citado por Matthews (1995) aprofundou ainda mais esses argumentos, argumentando que muitas vezes a história é contada para satisfazer as ideologias científicas presentes no autor (MATTHEWS, 1995). Tal história é denominada quasi-história e se trata basicamente da questão da indissociabilidade observação-interpretação, trazida por Hanson (1975), em que ele argumenta que toda observação está necessariamente atrelada a uma interpretação. Isso significa que dois observadores ao se defrontarem com o mesmo fenômeno, podem de fato ver coisas bem diferentes, conforme descrito abaixo:

Observar é fazer uma experiência. Uma reação visual, olfativa ou tátil é apenas um estado físico - excitação fotoquímica ou devida a contato (*sic*). Os fisiologistas nem sempre distinguiram experiências e estados físicos. São as pessoas que vêem e não seus olhos. Câmeras fotográficas e globos oculares são cegos. Tentativas de localizar nos órgãos da visão (ou nos retículos neurológicos localizados atrás dos olhos) algo que pudesse ser chamado "ver" ou "observar" podem ser sumariamente abandonadas. No ver existe algo mais do que aquilo que nos chega aos olhos. E há mais na observação científica do que o simples estar alerta, com os órgãos dos sentidos "em estado de prontidão" (HANSON, 1975, p. 129-130).

Ou seja, como são as pessoas que vêem, podemos argumentar que as pessoas são diferentes, estão impregnadas com suas teorias e ideologias, de forma que qualquer leitura da história é necessariamente uma interpretação feita pelo leitor. Isso acontece porque de certa forma a objetividade na história é impossível, pois ela não se apresenta aos olhos do leitor, ela necessariamente passa por fontes materiais, por decisões sobre relevância de determinados fatos internos ou externos à Ciência, o que depende da teoria da Ciência em que o historiador acredita (MATTHEWS, 1995).

Uma tentativa de minimizar esses problemas seria a abordagem internalista da Ciência, uma abordagem que se preocupa em grande parte com os aspectos exclusivamente internos da Ciência. Podemos ter uma ideia de como se dá essa abordagem a partir da seguinte citação: “Uma descrição da ciência que não inclua os aspectos técnicos da pesquisa científica pode ser feita e ter méritos, mas nunca será uma descrição *completa*. Ela será incapaz de entender muitos dos aspectos da ciência” (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ, BELTRAN, 2004, p. 132). Ou seja, para um historiador internalista, os aspectos técnicos da Ciência devem ser necessariamente tratados ao se relatar um determinado fato histórico. Os autores

⁴WHITAKER, M. A. B.: 1979, **History and Quasi-history in Physics Education** Pts I, II , Physics Education 14, 108-112,239-242.

anteriormente citados ainda fazem uma crítica à abordagem externalista, conforme visto a seguir:

De acordo com essa corrente (externalista), o mecanismo que leva a comunidade científica a aceitar uma teoria como verdadeira deve ser compreendido sem se fazer qualquer menção à veracidade ou falsidade das ideias (*sic*) defendidas pelos cientistas. Se um cientista ganhou o prêmio Nobel e outro não ganhou, por exemplo, esse acontecimento deve ser explicado através das forças sociais que estavam em jogo, e nunca mencionando a maior relevância científica do trabalho de um dos pesquisadores [...]. O ideal discursivo, para uma pessoa que adere a essa abordagem, é tratar todas as propostas dos cientistas como equivalentes – um relativismo completo, sem comprometimento com o conteúdo da ciência ou seu valor epistêmico (ALFONSO-GOLDFARB, FERRAZ, BELTRAN, 2004, p.128, com adaptações).

Conforme a citação anterior, podemos perceber uma forte influência de Lakatos, em que seria necessário determinar o progresso ou a degenerescência de diferentes programas de pesquisa usando critérios exclusivamente internos à Ciência (CHALMERS, 1993). Lakatos, inclusive, nos apresenta uma ideia sobre o que seria a abordagem internalista e também critica a abordagem externalista, conforme mostrado a seguir:

A maioria das teorias sobre a evolução do conhecimento são teorias da evolução do conhecimento desencarnado: se um experimento é crucial ou não, se uma hipótese é altamente provável à luz de uma evidência disponível ou não, se um problema é progressivo ou não, não é nem um pouco dependente das 'crenças' dos cientistas, personalidades ou autoridades. Esses fatores subjetivos não são importantes para a história internalista [...]. Um dos problemas mais interessantes da história externalista é especificar as condições sociais que são necessárias (mas, claro, nunca suficiente) para fazer o progresso científico possível, mas na própria formulação do problema 'externalista' *alguma* teoria metodológica, *alguma* definição de ciência é necessária. História da ciência é uma história de acontecimentos que são selecionados e interpretados de uma forma normativa (LAKATOS, 1970, p. 106-108, tradução nossa).

Tendo então apresentado essas duas abordagens tão distintas, será necessário esclarecer de que maneira, ambas concebem a utilização da história das Ciências no ensino de Ciências. Assunto que será tratado no próximo tópico.

2.5 - A utilização da História da Ciência segundo ambas as abordagens

Iniciaremos o tópico apresentando as recomendações da tradição internalista para formas de se utilizar a História da Ciência no contexto da sala de aula. Segundo Porto (2010), o professor poderia entrar em contato com fontes primárias em História da Ciência, ou seja, textos clássicos de sua área, de forma a se aproximar do contexto original em que determinado conhecimento foi produzido. Com isso, haveria o entendimento das complexidades da construção do conhecimento científico, pois o professor entrará em contato com as diversas idas e vindas das ideias do passado, com a evolução do conhecimento científico e com as diversas controvérsias relevantes à época.

Porto (2010) ainda trata os estudos de caso como uma possibilidade de se alcançar os objetivos educacionais pretendidos. Estudo de caso é definido como uma análise profunda de um episódio bem delimitado da História da Ciência, trazendo o contexto em que as ideias foram propostas. Discute-se também como os problemas e as ideias surgidas na época levaram os cientistas aceitar uma determinada hipótese e abandonar outra. Enfim, em um estudo de caso, objetiva-se um relato que permita o aluno vislumbrar a natureza do empreendimento científico. O autor também argumenta que o estudo de caso não se trata de simplesmente ilustrar os conteúdos citando datas dos acontecimentos, nomes dos cientistas envolvidos, ou curiosidade sobre suas vidas. Esse tipo de abordagem, muito comum em nossos livros didáticos, em nada contribui para um letramento científico⁵ e muitas vezes tornam a Ciência bem mais aversiva para os estudantes.

Segundo a tradição externalista, opta-se por uma abordagem menos rigorosa, no sentido de que se considera a busca de fontes secundárias e terciárias de pesquisas. Isso é importante, pois o acesso a fontes primárias nem sempre é possível, pois se apresentam em línguas estrangeiras de difícil tradução, como alemão, francês ou inglês antigo. Além do que as traduções em sua maioria apresentam uma série de problemas conceituais que podem levar a interpretações errôneas. Sendo assim, para a tradição externalista seria mais importante discutir aspectos externos à Ciência, que apresentam uma bibliografia mais acessível.

Matthews (2005) discute alguns tópicos que podem ser levados à discussão em cursos de Ciências, como por exemplo, o feminismo, em questões sobre o porquê da maioria esmagadora de homens importantes para a Ciência, e como as forças sociológicas influenciaram na baixa procura de mulheres para cursos de

⁵ O letramento científico é definido como a capacidade conversar, discutir, ler e escrever coerentemente em um contexto não-técnico, e não apenas a leitura de vocábulos científicos. Para isso, é necessário a compreensão do impacto da ciência e da tecnologia sobre a sociedade (SANTOS, 2007).

Ciências. A questão da ética também é algo que pode ser discutido em sala de aula, tratando de assuntos como os usos benéficos e maléficos da radioatividade, o desenvolvimento sustentável *versus* o desenvolvimento desenfreado empregado pelos países desenvolvidos ou sobre as influências econômicas sobre o desenvolvimento científico ao longo da história. Ou ainda pode-se tratar do papel da idealização ao longo da História da Ciência, que muitas vezes é esquecida em favor de epistemologias empiristas que empobrecem e levam a distorções do papel da Ciência (MATTHEWS, 2005).

O uso de livros paradidáticos tem-se mostrado uma alternativa frutífera dentro da abordagem externalista, livros que muitas vezes não tratam de História da Ciência, mas de Ciência na história.

Importante ressaltar que o presente trabalho trará a abordagem externalista, pois em certos momentos será trazida a história de tempos antigos, cujas fontes primárias estão perdidas (como a história da origem do ferro e do enxofre na Terra) e também porque não há a necessidade do rigor exigido pela história internalista. Além do que, trata-se de uma abordagem muito mais didática, que está mais relacionada com o trabalho do professor de Ciências. Também será utilizada, no presente trabalho, a abordagem internalista, pois se fará um estudo de caso da evolução da tabela periódica, se utilizando dos acontecimentos que ocorreram dentro da comunidade científica, que levou à proposição de novos modelos de tabelas.

2.6 - Finalizando...

Nesse capítulo procurou-se apresentar a História da Ciência como uma das soluções para os já conhecidos problemas existentes no ensino de Química. Acreditamos que não é mais possível continuar ensinando Química baseados em uma ideologia de Ciência, que contribui com a dogmatização e a doutrinação de nossos alunos e que supõe um método científico, que torna a Ciência uma autoridade em relação a todos os assuntos. É necessário que nossos alunos aprendam algo sobre a Ciência, para assim, atendermos às nossas necessidades atuais de cidadãos críticos, que saibam se posicionar em relação a temas que

envolvam conhecimentos científicos. E acima de tudo, acreditamos que um olhar no passado da Ciência tem muito a contribuir para a formação desses cidadãos que almejamos formar.

CAPÍTULO 3

FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Segundo Vigotski:

O desenvolvimento dos conceitos científicos na idade escolar é, antes de tudo, uma questão prática de imensa importância – talvez até primordial – do ponto de vista das tarefas que a escola tem diante de si quando inicia a criança no sistema de conceitos científicos (VIGOTSKI, 2009, p. 241).

E ainda: “Para se criar métodos eficientes para a instrução das crianças em idade escolar no conhecimento sistemático, é necessário entender o desenvolvimento dos conceitos científicos na mente da criança” (VIGOTSKI, 2008, p. 103). Ao apresentar a importância que há em se entender a formação de conceitos científicos, Vigotski traz duas perguntas: O que acontece na mente da criança com os conceitos científicos que lhe são ensinados na escola? Qual é a relação entre assimilação da informação e o desenvolvimento interno de um conceito científico na consciência da criança?

A psicologia infantil na época de Vigotski apresentava duas respostas para essas perguntas, as quais veremos a seguir.

3.1 – As concepções sobre a formação de conceitos

Segundo Vigotski (2008), uma escola de pensamento afirmava que um conceito era adquirido de forma acabada, sem nenhuma história interna, passando unicamente pelos processos de compreensão e assimilação. No entanto, sabe-se hoje que um conceito é mais do que a soma de conexões de associativas formadas pela memória. Não é uma questão de mero treinamento, pois exige que a criança tenha atingido o desenvolvimento mental necessário.

Vigotski ainda argumenta que uma palavra representa um ato de generalização, que depende do desenvolvimento da criança, ou seja, uma palavra recém- aprendida representa uma generalização primitiva. À medida que a criança se desenvolve, essa generalização primitiva é substituída por generalizações cada

vez mais complexas, processo este que culmina com a formação dos verdadeiros conceitos. O aprendizado de tais conceitos pressupõe uma série de funções intelectuais, como a atenção deliberada, memória lógica, abstração e capacidade de diferenciação, de modo que a aprendizagem inicial não é suficiente para levar ao domínio de tais processos psicológicos (VIGOTSKI, 2008).

Este autor afirmou que essa escola de pensamento foi predominante em sua época e que a maioria dos métodos e teorias educacionais se basearem nessa concepção. Tal afirmação é interessante porque se sabe que até hoje existem professores que afirmam ser possível realizar transição de conhecimentos/conceitos, o que seria impossível, conforme os pressupostos defendidos abaixo.

Não menos que a investigação teórica, a experiência pedagógica nos ensina que o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão de conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios (VIGOTSKI, 2009, p. 247).

Foi tratado anteriormente sobre duas concepções acerca da aquisição de conceitos por parte da criança, mas até então, apenas uma concepção foi comentada. Para falarmos da outra concepção, faz-se necessário abordar a diferenciação que Vigotski faz sobre os tipos de conceitos, os cotidianos e os verdadeiros.

Diríamos que a diferença básica entre os conceitos cotidianos e os verdadeiros encontra-se no fato de que, os primeiros desenvolvem-se por meio da atividade prática ou interação social imediata da criança, e os outros por meio da aquisição de um sistema de conhecimento mediado pelo ensino formal (TUNES, 1995, p. 33).

Os conceitos denominados cotidianos se diferem dos conceitos verdadeiros pelo fato de se basearem em conexões entre elementos individuais, de modo empírico, acidental e concreto (TUNES, 1995).

Já os conceitos verdadeiros se caracterizam por se constituírem no ensino formal (não necessariamente na escola). Vigotski discute em suas obras um tipo específico de conceito verdadeiro, o conceito científico.

O principal atributo dos conceitos científicos é o de se organizarem num sistema hierárquico de inter-relações conceituais, portanto, um sistema de relações de generalidade. Ora, dado que um conceito é um ato de generalização, isso significa que o conceito científico implica uma relação de generalizações, e é por isso que dá lugar a uma estrutura superior de generalização, no desenvolvimento mental do indivíduo. Decorre daí a necessidade de seu ensino ser ancorado na palavra (TUNES, 1995, p. 35).

Estabelecendo bem essas diferenças, podemos voltar a tratar da segunda concepção acerca da formação de conceitos. Essa escola de pensamento não nega o desenvolvimento de conceitos científicos na mente da criança. No entanto, segundo essa concepção, não há nenhuma diferença entre o desenvolvimento de conceitos científicos e o desenvolvimento de conceitos cotidianos, sendo inútil considerar os dois processos isoladamente. Para os estudiosos dessa linha, as leis que regem a aquisição de conceitos cotidianos também explicam a formação dos conceitos científicos (VIGOTSKI, 2008). Tal convicção se fundamenta no fato da maioria dos estudos feitos a respeito da formação de conceitos por crianças terem focado nos conceitos cotidianos, desse modo, todas as leis básicas sobre esse assunto, foram desenvolvidas levando em conta conceitos cotidianos. Sem nenhum tipo de verificação, tais leis foram estendidas para os conceitos científicos, não ocorrendo aos investigadores a ideia de questionar essa interpretação tão difundida (VIGOTSKI, 2009).

Somente alguns pesquisadores na época chegaram a questionar essa premissa e estabelecer a existência de uma dicotomia entre os conceitos estabelecidos mediante os próprios esforços mentais da criança e aqueles que sofrem influência das pessoas que rodeiam a criança. Piaget é apontado como um desses pesquisadores e denomina os conceitos do primeiro grupo de espontâneos e os conceitos do segundo grupo são denominados não-espontâneos (VIGOTSKI, 2009).

3.2 – A visão vigotskiana acerca da formação de conceitos.

Vigotski parte da premissa que o desenvolvimento de conceitos não-espontâneos (chamaremos de conceitos científicos a partir de agora) está impregnado do pensamento da criança. Não se trata de simples aquisição mecânica

de conceitos externos, mas sim uma evolução dos conceitos formados, que demanda um esforço intelectual por parte da criança. Sendo assim, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos (chamaremos de conceitos cotidianos a partir de agora) e dos científicos estão se influenciando e se relacionando mutuamente (VIGOTSKI, 2008). O estudioso russo ainda escreve:

Fazem parte de um único processo: o desenvolvimento da formação de conceitos, que é afetado por diferentes condições externas e internas, mas é que essencialmente um processo unitário, e não um conflito entre formas de intelectualização antagônicas e mutuamente exclusivas. O aprendizado é uma das principais fontes de conceitos da criança em idade escolar, e é também uma poderosa força que direciona o seu desenvolvimento, determinando o destino de todo o seu desenvolvimento mental (VIGOTSKI, 2008, p. 107).

Para entendermos como é a relação entre o desenvolvimento dos conceitos científicos e dos conceitos cotidianos, é necessário entendermos suas características. Vejamos como se dá o desenvolvimento de um conceito cotidiano. Para uma criança em idade escolar, existe uma extrema facilidade em se operar com os conceitos cotidianos, de modo que a criança consegue manipulá-los corretamente de maneira espontânea. No entanto, percebe-se a não consciência na utilização de tais conceitos. Como vemos no exemplo a seguir:

Piaget perguntou a crianças de sete a oito anos o significado da palavra *porque* na frase "Amanhã não vou a escola porque estou doente". A maior parte das crianças respondeu: "Significa que ele está doente." Outras disseram: "Significa que ele não irá à escola." Uma criança é incapaz de entender que as perguntas não se referem aos fatos isolados da doença e da falta às aulas, mas sim a conexão entre eles. No entanto, ela certamente aprende o significado da frase. Espontaneamente usa a palavra *porque* de forma correta, mas não sabe empregá-la deliberadamente (VIGOTSKI, 2008, p. 109-110).

Para explicar essa não-consciência na apreensão de conceitos cotidianos, Vigotski (2008) defende que precisamente na fase escolar é que as funções intelectuais superiores, como consciência reflexiva e controle deliberado, ganham força e começam a influenciar o desenvolvimento da criança. Sendo assim, o controle consciente das funções intelectuais irá surgir após a utilização prática e espontânea, de modo que a criança precisa se apropriar do conceito para que possa submetê-la ao controle do intelecto. Essa tomada de consciência dos próprios processos mentais é induzida pela educação formal, conforme discutido abaixo:

Desse modo, a tomada de consciência se baseia na generalização dos próprios processo psíquicos, que redundam em sua apreensão. Nesse processo manifesta-se em primeiro lugar o papel decisivo do ensino. Os

conceitos científicos – com sua relação inteiramente distinta com o objeto -, mediados por outros conceitos – com seu sistema hierárquico interior de inter-relações -, são o campo em que a tomada de consciência dos conceitos, ou melhor, a sua generalização e a sua apreensão parecem surgir antes de qualquer coisa. Assim surgida em um campo do pensamento, a nova estrutura da generalização, como qualquer estrutura, é posteriormente transferida como um princípio de atividade sem nenhuma memorização para todos os outros campos do pensamento e dos conceitos. Desse modo, a tomada de consciência passa pelos portões dos conceitos científicos (VIGOTSKI, 2009, p. 290).

Conforme a citação anterior, podemos perceber a importância da educação formal (não necessariamente a escola), pois é ela que leva à formação dos conceitos científicos. Sem a aquisição de tais conceitos (os científicos), a tomada de consciência de nossas funções intelectuais pode vir em momentos posteriores ao esperado, levando à indivíduos com problemas de desenvolvimento mental, sem acesso às formas superiores do pensamento.

Mas de que maneira os conceitos científicos levam a essa tomada de consciência? Vigotski (2008) defende que para haver essa tomada de consciência a respeito de um conceito, é necessário que esse conceito faça parte de um sistema. Daí a importância dos conceitos científicos, pois em tais conceitos a relação com um objeto é sempre mediada por algum outro conceito. Assim, a própria noção de conceito científico implica na ideia de posição em relação a outros conceitos ou um lugar dentro de um sistema de conceitos. Sendo assim, a sistematização (chave para a tomada de consciência acerca do próprio pensamento) chega à criança pelos conceitos científicos e só depois é transferido para os conceitos cotidianos, indo de cima para baixo.

Tunes também defende e explicita o papel dos conceitos científicos na tomada de consciência para o próprio ato do pensamento.

Já o processo de formação dos conceitos científicos propriamente ditos segue trajetória totalmente diversa, apesar de influir e sofrer influência dos conceitos cotidianos. Aqueles são ensinados aos indivíduos com explicitação de regras lógicas de coordenação e subordinação, segundo as quais os conceitos ligam-se mutuamente. O modo como os conceitos científicos são formalizados **forçam** ou dirigem, portanto, a atenção para o próprio ato de pensamento e é por esta razão que impulsionam a formação da consciência. [...] É nesse sentido, portanto, que o ensino de conceitos liga-se ao desenvolvimento de funções psicológicas complexas: quando se opera com eles, há a necessidade de se centrar a atenção sobre o próprio ato de pensamento. Diferentemente, os conceitos cotidianos exigem apenas que se focalize o objeto ao qual se referem, na medida em que as relações lógicas interconceituais não são explicitadas (TUNES, 1990, p. 121).

A autora ainda afirma que é necessário verificar se os conceitos mediados pela instrução escolar estão sendo apresentados como científicos ou cotidianos. Um conceito científico apresentado como conceito cotidiano, conforme alguns livros didáticos, podem deslocar a atenção do aluno de seu próprio ato de pensamento e direcionar sua atenção apenas para o objeto ao qual se referem, levando-o à memorização e ao não entendimento do conceito. Ou seja, tal confusão pode levar o aluno a operar concretamente com um conceito que por sua natureza exige operações abstratas, obstaculizando o seu desenvolvimento (TUNES, 1990).

Como ficou bem explícito, os conceitos científicos se caracterizam por aprimorar os conceitos cotidianos dos alunos, ao lhes fornecer a consciência e o uso deliberado. Agora discutiremos de que maneira apresentar alguns conceitos da Química dentro de um sistema hierárquico de inter-relações, de modo que o estudante dirija sua atenção ao próprio ato de pensamento, e não ao objeto ao quais os conceitos se referem.

3.3 – Sistemas de conceitos científicos em Química

Segundo TOLENTINO, SILVA, ROCHA-FILHO e TUNES (1986), os dados descritos na literatura demonstram que existem problemas graves e complexos no que se refere ao ensino de Química no Ensino Médio. Podemos citar como exemplos de problema encontrados, a aprendizagem restrita à objetivos de baixo nível cognitivo e a dificuldade dos alunos relacionarem os conteúdos entre si. Sendo assim, existe a necessidade de se fazer a análise crítica dos conteúdos de Química que estão sendo ensinados. Um sistema de conceitos científicos deve seguir uma hierarquia em que os conceitos mais abrangentes subordinam conceitos mais específicos e os conceitos em um mesmo nível hierárquico apresentam relações de subordinação.

A seguir, verificaremos um sistema de conceitos típico de livros didáticos de Química para o Ensino Médio.

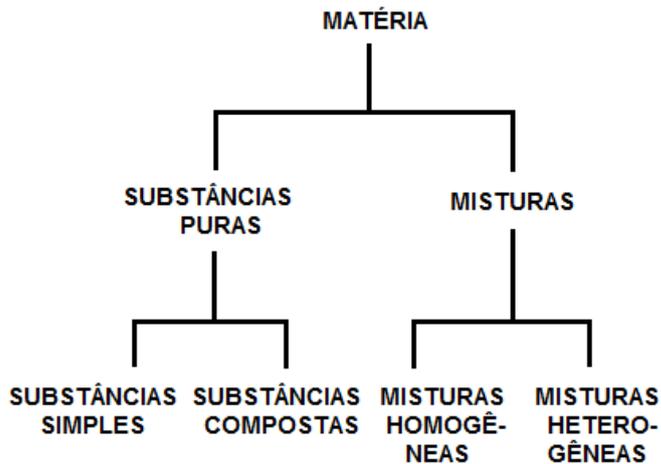


Figura 1. Um sistema conceitual de matéria comum em livros didáticos.

Podemos verificar pela Figura 1 que existem alguns problemas. Em primeiro lugar, o sistema sugere que as substâncias simples e compostas só podem ocorrer para um tipo de matéria, a substância pura. Logo os conceitos menos abrangentes de substâncias simples e composta não estariam contidos nos conceitos mais abrangentes de misturas homogêneas e heterogêneas. Em decorrência do primeiro problema detectado, aparece um segundo problema, podemos concluir que esse sistema não apresenta uma relação lógica de inter-relações. Ou seja, não são apresentados como conceitos científicos, mas sim como conceitos cotidianos, pois direcionam a atenção apenas para o objeto ao qual os conceitos se referem e não para o próprio ato de pensamento. Por último, nesse sistema constam conceitos referentes tanto à natureza da matéria, como à sua forma de apresentação (TOLENTINO; SILVA; ROCHA-FILHO; TUNES, 1986).

Esse sistema apresentado na Figura 1 é bastante comum em diversos livros didáticos, de modo que é necessário estabelecer um novo sistema conceitual para matéria que constitua um sistema conceitual científico. Este sistema é apresentado na figura abaixo.

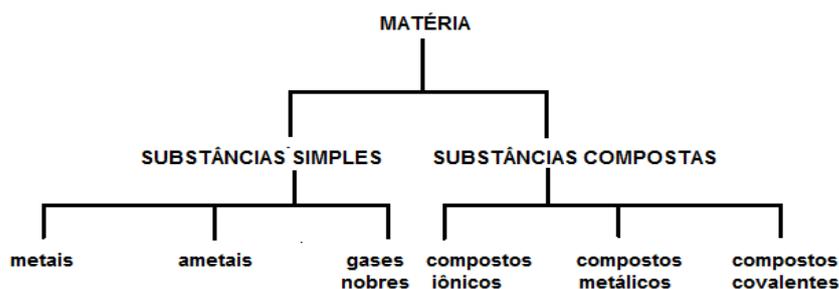


Figura 2. O sistema conceitual proposto para matéria, segundo seus tipos.

Para esse sistema, propõe-se os seguintes enunciados:

MATÉRIA: Tudo aquilo que, no universo, ocupa lugar no espaço e tem massa.

SUBSTÂNCIA: porção de matéria que tem um e somente um tipo de constituinte

SUBSTÂNCIA SIMPLES: Tipo de substância cujos constituintes têm um e somente um tipo de componente (átomo).

SUBSTÂNCIA COMPOSTA: Tipo de substância cujos constituintes têm mais de um tipo de componente (átomo).

METAIS: Tipo de substância simples cujos constituintes são os próprios componentes (átomos) e interagem entre si não-direcionalmente.

AMETAIS: Tipo de substância simples cujos constituintes podem ou não ser os próprios componentes (átomos) e interagem entre si direcionalmente.

GASES NOBRES: Tipo de substância simples cujos constituintes são os próprios componentes (átomos) e não interagem entre si.

COMPOSTOS IÔNICOS: Tipo de substância composta cujos componentes (átomos) ou grupos de componentes (átomos) apresentam cargas elétricas.

COMPOSTOS METÁLICOS: Tipo de substância composta cujos componentes (átomos) não apresentam cargas elétricas e interagem entre si não-direcionalmente.

COMPOSTOS COVALENTES: Tipo de substância composta cujos componentes (átomos) não apresentam carga elétrica e interagem entre si direcionalmente (Extraído de TOLENTINO, SILVA, ROCHA-FILHO e TUNES, 1986, p. 1723, com adaptações).

Importante ressaltar que nesse sistema conceitual é possível identificar relações de generalização. Por exemplo, metais são definidos como um “tipo de substância simples que...”. Já a substância simples é definida como um “tipo de substância cujos...”. Dessa forma, exige-se que o estudante focalize o próprio pensamento ao se operar com esse sistema, desenvolvendo assim, processos psicológicos complexos, como a abstração, a diferenciação e a comparação (TOLENTINO; SILVA; ROCHA-FILHO; TUNES, 1986).

O sistema conceitual apresentado na Figura 2 se refere exclusivamente à natureza da matéria e define claramente o objeto de conhecimento da química, (a Ciência que estuda as substâncias), fornecendo assim um eixo norteador para preparação de material de ensino (SILVA; ROCHA-FILHO; TUNES; TOLENTINO, 1986).

Trataremos na Figura 3 de um sistema conceitual que descreve a matéria, segundo suas formas de apresentação.

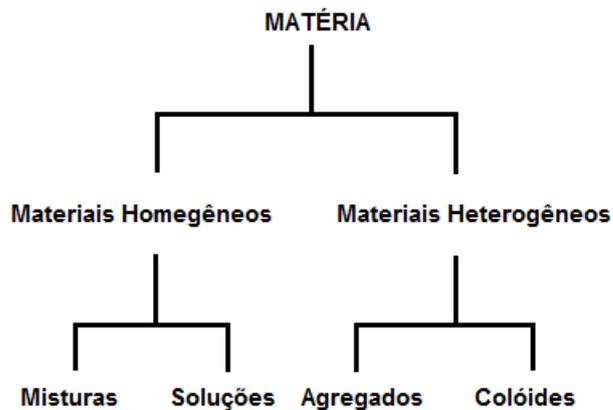


Figura 3. Sistema conceitual referente à matéria quanto a sua forma de apresentação.

Esse sistema conceitual permite caracterizar a Química como Ciência experimental das substâncias, pois as matérias existentes se encontram agrupadas em porções, e é sobre essas porções que o químico direciona suas investigações, visando conhecer aquilo que é essencial em sua composição, a substância.

Sendo assim, o critério fundamental para estabelecer os enunciados desse sistema conceitual é aquilo que se vê, conforme descrito a seguir.

MATÉRIA: Tudo aquilo que, no universo, ocupa lugar no espaço.

MATERIAL: Porção de matéria que tem mais de uma substância.

MATERIAL HOMOGÊNEO: Tipo de material cujo aspecto é uniforme de ponto a ponto

MATERIAL HETEROGÊNEO: Tipo de material cujo aspecto é multiforme de ponto a ponto.

MISTURA: Tipo de material homogêneo cuja uniformidade é constatada a qualquer proporção das suas substâncias constituintes.

SOLUÇÃO: Tipo de material homogêneo cuja uniformidade é constatada apenas em determinadas proporções de suas substâncias constituintes.

AGREGADO: Tipo de material heterogêneo cuja multiformidade é constatada por meio de instrumentos de baixa resolução.

COLÓIDE: Tipo de material heterogêneo cuja multiformidade é constatada por meio de instrumentos de alta resolução (Extraído de SILVA, ROCHA-FILHO, TUNES e TOLENTINO, 1986, p. 2029, com adaptações).

Assim como o sistema apresentado na Figura 2, o sistema apresentado na Figura 3 estabelece relações de subordinação interconceituais, o que permite identificação de relações de generalização. Por exemplo, mistura é definida como “tipo de material homogêneo cuja uniformidade...”, material homogêneo como “tipo de material cujo aspecto...”. Tem-se assim, um sistema hierárquico de conceitos científicos mutuamente excludentes (SILVA; ROCHA-FILHO; TUNES; TOLENTINO, 1986).

Até então, trabalhamos apenas o mundo macroscópico, ou seja, aquele que se pode perceber com os sentidos, mediados ou não por aparelhos. Trataremos

agora do mundo microscópico, mundo este que só pode ser acessado por meio do pensamento. Focaremos então no conceito de constituinte, apresentando um sistema conceitual para a substância que se refere à natureza dos constituintes das substâncias. Mas antes de tratarmos dos constituintes, cabe uma discussão sobre a necessidade de se utilizar o conceito de constituinte.

O constituinte seria a unidade que dá identidade a substância, pois não faz sentido falar que as características de uma substância seria o somatório das propriedades dos átomos que a constitui. É o arranjo particular que esses átomos adotam que constitui uma unidade que identifica inequivocadamente a substância e é irreduzível às propriedades de cada átomo (ROCHA-FILHO; TOLENTINO; SILVA; TUNES, 1988).

Admitindo-se então que a noção de constituinte é necessária para identificar as substâncias e analisando diversos exemplos de substâncias, foi possível organizar o sistema conceitual mostrado abaixo.

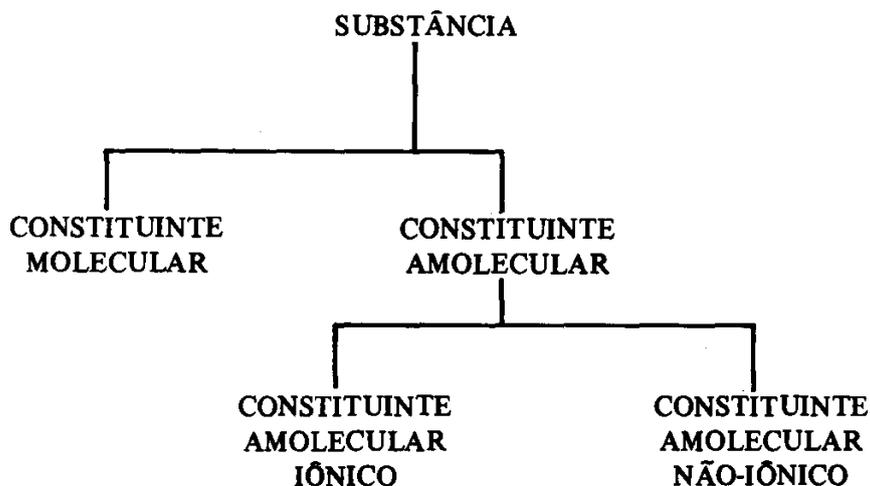


Figura 4. Sistema conceitual proposto para substância, segundo os tipos de seus constituintes (Extraído de ROCHA-FILHO, TOLENTINO, SILVA e TUNES, 1988, p. 418).

A seguir são apresentadas as definições de cada um dos conceitos envolvidos.

- SUBSTÂNCIA: Porção de matéria que tem um e somente um tipo de constituinte.
- CONSTITUINTE: Conjunto de átomos que caracteriza uma substância particular.
- CONSTITUINTE MOLECULAR: Tipo de constituinte que, na substância, tem existência independente.
- CONSTITUINTE AMOLECULAR: Tipo de constituinte que, na substância, é indistinguível, sendo definido por uma *relação mínima* entre átomos e/ou grupos de átomos.

CONSTITUINTE AMOLECULAR IÔNICO: Tipo de constituinte amolecular no qual há átomos e/ou grupo(s) de átomos positivamente carregados e átomos e/ou grupo(s) de átomos negativamente carregados.

CONSTITUINTE AMOLECULAR NÃO-IÔNICO: Tipo de constituinte amolecular no qual cada átomo é eletricamente neutro (Extraído de ROCHA-FILHO, TOLENTINO, SILVA e TUNES, 1988 p. 418).

Quando se trata esse sistema, vem uma pergunta típica, por que não tratar o termo “constituinte” como se fossem moléculas? Conforme já mencionado, esse sistema conceitual, assim como os outros apresentados, possui uma relação hierárquica rígida, que pressupõe relações de subordinação e de coordenação. Sendo assim, o conceito de constituinte é um termo mais geral, que subordina o conceito de moléculas, assim como também subordina o conceito de constituinte amolecular iônico. Ou seja, molécula e constituinte amolecular iônico são conceitos com relações de coordenação, mutuamente excludentes. Ao se utilizar o conceito de moléculas como se fosse o conceito de constituintes, estaríamos admitindo que todas as substâncias possuem constituintes moleculares, o que não é verdade (ROCHA-FILHO; TOLENTINO; SILVA; TUNES, 1988).

Quanto ao átomo, conceito este que costuma ser trabalhado em sala de aula como se fosse um conhecimento plenamente dominado pelos alunos. De que maneira é possível posicioná-lo dentro de um sistema conceitual? Essa pergunta será respondida na Figura 5 abaixo.

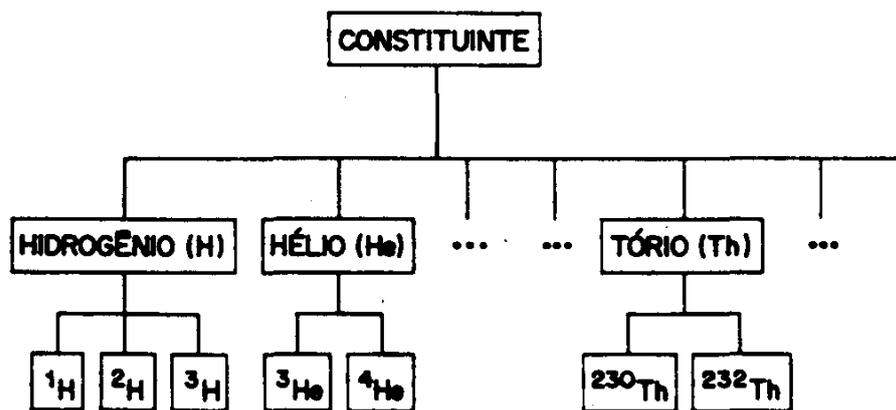


Figura 5: Sistema conceitual proposto para constituinte, segundo a natureza de seus átomos (Extraído de TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 199).

A seguir apresentaremos as definições de alguns conceitos envolvidos.

CONSTITUINTE: conjunto de átomos que caracteriza uma substância particular.

ÁTOMO: entidade do constituinte formada por um núcleo positivamente carregado e uma eletrosfera negativamente carregada.

HIDROGÊNIO (H): tipo de átomo caracterizado pelo número atômico 1.

HÉLIO (He): tipo de átomo caracterizado pelo número atômico 2.

-
-
-
-

TÓRIO (Th): tipo de átomo caracterizado pelo número atômico 90.

-
-
-
-

HIDROGÊNIO 1 (^1H): tipo de hidrogênio caracterizado pelo número de massa 1.

HIDROGÊNIO 2 (^2H): tipo de hidrogênio caracterizado pelo número de massa 2.

HIDROGÊNIO 3 (^3H): tipo de hidrogênio caracterizado pelo número de massa 3.

HÉLIO 3 (^3He): tipo de hélio caracterizado pelo número de massa 3.

HÉLIO 4 (^4He): tipo de hélio caracterizado pelo número de massa 4.

-
-
-

TÓRIO 230 (^{230}Th): tipo de tório caracterizado pelo número de massa 230.

TÓRIO 232 (^{232}Th): tipo de tório caracterizado pelo número de massa 232.

-
-
-
-

(Extraído de TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 199 - 200).

O que podemos verificar de mais importante nesse sistema conceitual é o conceito de átomos apresentado como “Entidade do constituinte formada por...”, conceituação que define átomo como parte integrante do constituinte. Considerando que a Química é a Ciência que estuda as substâncias e que as substâncias são caracterizadas por constituintes específicos, podemos concluir que para a Química, o conceito de átomo só faz sentido se for subordinado ao conceito de constituinte (TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989).

Podemos ainda estabelecer um quinto sistema conceitual para tratar o conceito de elemento químico e como esse conceito subordina o conceito de núclídeos. Porém trataremos esse sistema no próximo capítulo, pois nele haverá uma discussão sobre a evolução do conceito de elemento químico.

3.4 – Finalizando...

Nesse capítulo tentamos discutir um pouco a visão de Vigotski sobre a formação de conceitos, as diferenças entre conceitos científicos e conceitos cotidianos e como cada um desses conceitos se influenciam mutuamente. Acreditamos que o entendimento de como se dá a formação de conceitos na cabeça dos indivíduos pode auxiliar no processo ensino-aprendizagem, a fim de evitar que os conceitos científicos sejam tratados como conceitos cotidianos, levando à memorização. Espera-se também que, ao entender os processos de formação de conceitos na cabeça do aluno, os professores proponham conceitos que levem em conta a hierarquização e as relações de subordinação tão necessárias para o estabelecimento do conhecimento científico.

CAPÍTULO 4

O estudo da tabela periódica

Nesse capítulo iremos tratar de dois assuntos de extrema importância, a evolução do conceito de elemento químico ao longo da história e o estudo das propriedades periódicas de substâncias e de átomos, que levaram a criação da tabela periódica.

4.1 Um breve histórico sobre a evolução do conceito de elemento químico

Sem dúvida nenhuma, a evolução do conceito de elemento químico tem início com os filósofos gregos pré-socráticos. Naquela época, entendia-se elemento como princípios formadores de tudo, ou seja, aquilo que explicaria a natureza observável e suas mudanças em função da essência metafísica contínua da matéria. Tales de Mileto (625 – 544 a.C.) supôs que a água seria o princípio formador de tudo, que devido ao seu caráter amorfo poderia dar lugar a todas as qualidades e todas as propriedades das coisas da Natureza. Já o seu discípulo Anaximandro (cerca de 610-545 a.C.) discordava de Tales ao propor somente um princípio formador das coisas, pois ele considerava uma limitação e assim, ele propôs o *apeíron*, um princípio indefinido, indeterminado, amorfo em todos os planos. Outro grego que contribuiu para essa evolução foi Anaxímenes que optou pelo ar como princípio formador de todas as coisas, Já Heráclito de Éfeso, viu no fogo o elemento principal, pois assume todas as formas e representa a diversidade da Natureza (OKI, 2002; VIDAL, 1986).

O grego Empédocles (cerca de 485-425 a.C.) foi o primeiro a admitir a pluralidade no princípio de todas as coisas, pois considerou o fogo, a água, o ar e a terra como os princípios formadores, que estariam associados em proporções variáveis sob a influência das forças de amor e ódio. “Quando domina o amor, todos os elementos estão unidos e o mundo adquire uma simetria esférica [...] Quando

domina o ódio, há dissociação” (VIDAL, 1986, p. 14). Aristóteles (384-322 a.C.) deu mais um passo nas concepções de formação da matéria, admitindo que todas as transformações e realizações dos seres físicos ocorriam sobre um mesmo substrato de base, substrato esse que poderia assumir todas as formas possíveis. Esse substrato de Aristóteles denominado “hylé” seria uma matéria-prima amorfa que somente se tornaria matéria sensível se juntassem a ele certas qualidades que dariam a sua forma:

Estas qualidades são em número quatro: quente, frio, seco, e úmido, e dispõem-se por pares contrários: quente-seco, quente-úmido, frio-úmido, frio-seco. O primeiro destes pares corresponde ao elemento fogo, o segundo ao ar, o terceiro à água e o quarto à terra (VIDAL, 1986, p. 16).

Essa teoria de Aristóteles experimentou uma grande aceitação em sua época e em épocas vindouras. A sua elegância como teoria, a capacidade de explicar diversos fenômenos observáveis, como por exemplo, o peso dos objetos foram alguns dos motivos. Além disso, a teoria admitia que a matéria fosse contínua, o que dava espaço para interpretações espirituais e a influência do deus Hermes na composição da matéria. Já a teoria de Leucipo, que considerava a matéria composta por cheios (átomos) e vazios, teve uma aceitação restrita. Essa recusa se deu em parte porque o atomismo não dava espaço para valores espirituais além de não considerar uma ordem natural do universo, nem harmonias pré-estabelecidas (CHASSOT, 2004).

A teoria de Aristóteles foi tão bem sucedida que ela permaneceu por mais de dois mil anos e foi utilizada na idade média pelos estudiosos da matéria daquele momento, os alquimistas. Os alquimistas adotaram a teoria de Aristóteles para explicar as suas experiências e observações, pois ela abria possibilidade para um objetivo alquimista, a possibilidade de haver transmutação de metais menos nobres para metais mais nobres. Então, segundo Aristóteles, era possível transformar um elemento em outro, e assim, transformar a matéria em outra, para isso, era necessário transformar uma qualidade em sua contrária (quente para frio ou seco para úmido e vice-versa) (VIDAL, 1986). Esse pensamento impulsionou uma série de experimentos alquímicos que visavam alterar as proporções dos quatro elementos nos metais em busca da proporção perfeita, a do ouro. No entanto, os alquimistas tinham uma crença muito forte em princípios dualistas, de forma que a teoria dos quatro elementos de Aristóteles foi simplificada para a teoria do enxofre-

mercúrio. O enxofre (terra e fogo) corresponderia ao masculino, quente, ativo, fixo e duro, o mercúrio (ar e água) corresponderia ao que é feminino, passivo, frio, volátil e maleável. A esses dois elementos foi ainda introduzido um terceiro por Paracelso (1493-1541) o sal, que seria aquilo que uniria o enxofre e o mercúrio de forma a lhes conferirem estabilidade e assim, proporcionar a vida (VIDAL, 1986).

Então, até esse período da história, a Química como Ciência ainda não existia e os estudiosos da matéria consideravam até então “elemento” como princípios formadores de tudo, que não devem ser confundidos com as substâncias que são conhecidas. Sendo assim, fogo, terra, ar, água, enxofre, mercúrio e sal não são as substâncias e manifestações macroscópicas de mesmo nome, mas sim concepções metafísicas presentes em tudo, que seriam inacessíveis à observação.

O próximo passo no sentido de uma nova definição para elemento químico foi dado pelo cientista inglês Robert Boyle (1627-1691), em um momento da história em que os praticantes da Química começaram a se interessar pelas ideias corpusculares da matéria. Robert Boyle, então, sob forte influência dessas ideias, define elemento químico de uma maneira bastante moderna, que serviu à Química por muito tempo. O pensamento de Boyle foi revolucionário, no sentido que ele deixou de conceber elemento como um princípio formador, e passou a concebê-lo como o limite da análise química dos corpos, como vemos a seguir no trecho do livro “O químico cético”:

Chamo agora elementos certos corpos primitivos e simples, perfeitamente puros de qualquer mistura, que não são constituídos por nenhum outro corpo, ou uns pelos outros, que são os ingredientes a partir dos quais todos os corpos que chamamos misturas perfeitas são compostos de modo imediato, e nos quais estes últimos podem ser finalmente resolvidos. E o que me pergunto agora é se existe um corpo deste tipo que se encontre de modo constante em todos, e em cada um, daqueles que se dizem constituídos por elementos (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS⁶, 1992, citado por OKI, 2002, p. 23).

Essa nova definição para elemento químico, que Boyle denominou de corpos simples, seria o que hoje denominamos de substâncias simples. Nesse sentido, Boyle deu uma nova ênfase para o trabalho dos estudiosos da matéria, a análise química dos corpos de forma a obter o elemento químico, ou substância simples. No entanto, Boyle não deu exemplos de elementos químicos (substâncias simples) existentes na Natureza, de forma que suas ideias, apesar de influentes nos anos seguintes, encontraram resistência em favor das ideias aristotélicas (OKI, 2002).

No século XVIII, Lavoisier (1743-1794) utilizou métodos empíricos para contestar uma série de crenças da época, como por exemplo, o flogístico. O conceito de flogístico estava relacionado à combustão dos corpos, um corpo só podia queimar se contivesse flogístico em sua essência, ideia ainda muito semelhante às concepções aristotélico-alquimistas de matéria contínua. Segundo a teoria do flogístico, a combustão dos corpos provocaria liberação do flogístico preso à matéria diminuindo assim a massa final do corpo. No entanto, essa teoria era inconsistente com o que ocorria com a calcinação dos metais (processo no qual se aquece um metal e se verifica um aumento em sua massa), de forma que os defensores do flogístico lhe atribuíram um peso negativo para explicar essa incompatibilidade. Lavoisier e outros cientistas da época procuraram uma explicação diferente para a queima dos corpos, em particular a calcinação dos metais. Lavoisier realizou então um célebre experimento, em que aqueceu mercúrio metálico na presença do ar, em recipiente fechado, para formar uma cal (óxido de mercúrio). Ele então percebeu que a quantidade de ar disponível no recipiente diminuiu, ficando apenas um ar que não permitia a respiração e nem a combustão (nitrogênio). Em seguida ele decompôs a cal por aquecimento e obteve o mercúrio metálico e um ar que permitia a respiração e a combustão (oxigênio). Em uma última etapa, ele recompôs a atmosfera original ao misturar os dois tipos de ares obtidos. Lavoisier concluiu assim, que na atmosfera estava presente um ar que se combinava com os metais durante uma calcinação, provocando assim um aumento na massa da cal e esse ar foi denominado oxigênio (VIDAL, 1986). Outro experimento que ficou famoso de Lavoisier foi a realização em público a decomposição da água, passando-a por um cano de espingarda aquecido ao rubro, de forma a recolher os gases oxigênio (que ele usou para produzir óxido de ferro) e hidrogênio (que ele usou para sintetizar a água de novo). Dessa forma, não ficaram mais dúvidas de que a água e o ar não poderiam mais ser os elementos princípios formadores de tudo, pois se podia separá-los em outras substâncias. Já o fogo, depois de demonstrada a sua dependência do gás oxigênio, também deixou de ser um princípio formador de todas as coisas (VIDAL, 1986). Sendo assim, a interpretação de Boyle para elemento químico ganhou mais força, de forma que Lavoisier passou a defendê-la, dando-lhe uma existência concreta e precisa demonstrada nesse trecho do livro “Tratado elementar de Química”:

Se [...] associarmos ao nome de elementos ou de princípios dos corpos a idéia do último termo ao qual chega a análise, todas as substâncias que não

podemos decompor por meio algum são para nós elementos: não que possamos assegurar que estes corpos, que nós consideramos como simples, não sejam eles mesmos compostos de dois ou mesmo de um maior número de princípios, mas como estes princípios jamais se separam, ou antes, como não temos nenhum meio de os separar, eles comportam-se para nós como os corpos simples, e não devemos supô-los compostos senão no momento em que a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS ⁶, 1992, citado por OKI, 2002, p. 23).

Ou seja, além de corroborar a ideia de Boyle, Lavoisier ainda deu uma série de exemplos do que seriam elementos químicos segundo essa concepção, os quais muitos de fato se encaixariam no conceito atual de substância simples. No entanto, essa definição para elemento causou muita confusão, pois muitas vezes não se sabia se determinada substância era simples ou não, além do que, os termos substância simples, corpo simples eram utilizados indiscriminadamente. De forma que até hoje se tem confusão conceitual entre substâncias simples e elementos, como foi visto anteriormente (OKI, 2002).

Para avançarmos na história da evolução do conceito de elemento químico, precisamos tratar da criação da tabela periódica, pois foi a partir da criação da tabela periódica que se pôde propor uma nova definição para elemento químico.

4.2 – As propriedades periódicas de substâncias e átomos

Com os estudos de Lavoisier, que culminaram com a lei da conservação de massa, os cientistas passaram grande parte do século XIX investigando relações entre as massas dos corpos químicos (VIDAL, 1986). Essas investigações levaram à formulação das leis ponderais. A primeira lei, conhecida como lei de Proust, ou das proporções constantes, determinava que em uma reação química, os reagentes sempre se combinavam em quantidades cuja proporção era fixa, formando assim, uma quantidade específica de produto (por exemplo; 1 grama de hidrogênio reage sempre com 8 gramas de oxigênio e forma 9 gramas de água). Já a segunda lei, conhecida como lei de Dalton ou das proporções múltiplas dizia que ao reagir dois elementos (substâncias simples) de modo que mais de um produto fosse formado,

⁶ BENSAUDE-VINCENT, B.B. e STENGERS, I. **História da Química** Lisboa: Editora Piaget, 1992. p. 23, 53-54, 128-129, 198-199.

fixando-se a massa de um dos elementos (substância simples), a relação entre as massas do outro elemento é de números inteiros. Por exemplo, ao reagir hidrogênio [H] com o oxigênio [O], forma-se água [HO] ou água oxigenada [HO₂] ⁷. Podemos então construir uma tabela, com base em uma análise química quantitativa, com a porcentagem de hidrogênio e oxigênio em cada produto:

Tabela 1: Porcentagem de hidrogênio e oxigênio na água e na água oxigenada.

	Hidrogênio	Oxigênio
Água	11,1%	88,9%
Água oxigenada	5,90%	94,1%

Ao se dividir a porcentagem de hidrogênio pelo próprio número que a exprime e a porcentagem do oxigênio pelo número do hidrogênio teremos:

$$11,1 / 11,1 = 1$$

$$88,9 / 11,1 = 8,00$$

$$5,9 / 5,9 = 1$$

$$94,1 / 5,9 = 15,9 \text{ ou } 16,0$$

Portanto, 1 de hidrogênio combina-se com 8 de oxigênio no caso da água e com 16 de oxigênio no caso da água oxigenada. Logo a relação entre as massas de oxigênio que se combinam com 1 de hidrogênio é $8/16 = 1/2$ (CHAIB, 1988).

No entanto, as leis ponderais não explicavam porque isso acontecia, elas eram apenas uma constatação dos fatos experimentais. Foi somente após a formulação da teoria atômica de Dalton que se compreendeu as observações que levaram à formulação das leis ponderais (VIDAL, 1986). Dalton não foi o primeiro a pensar na questão da descontinuidade da matéria, mas sua contribuição para o atomismo foi tão significativa que seu nome invariavelmente é relacionado com essa área da Química. Para ele os átomos seriam esferas indivisíveis idênticas para um mesmo tipo de átomo, e o que diferenciava um átomo de outro átomo seria a massa. Ao se combinarem para formar compostos, os átomos não se alterariam e a massa da combinação seria precisamente a mesma da soma das massas dos átomos que a compõem (VIDAL, 1986). Esse raciocínio de Dalton foi considerado genial, pois explicava as leis ponderais, além de ter uma série de implicações para as Ciências. No entanto, as ideias de Dalton vão muito além do que as observações podem supor, de forma que um grande número de químicos preferiu não se preocupar com

⁷ Importante ressaltar que na época, a fórmula da água era considerada HO e da água oxigenada HO₂ e as substâncias oxigênio e hidrogênio eram considerados monoatômicos, devido ao fato dos cientistas não admitirem a existência de moléculas diatômicas homonucleares

qualquer teorização sobre a estrutura da matéria, voltando-se assim para o método dos equivalentes (VIDAL, 1986). Esse método focava em determinar o quanto de um determinado elemento (substância simples) reagia com uma quantidade de outro elemento (substância simples), ou seja, determinar qual a quantidade de um reagente era equivalente a uma quantidade de outro reagente (daí o nome método dos equivalentes). Foi amplamente empregado pelos químicos empiristas, pois para eles, esse método dava conta de explicar as observações macroscópicas, sem a necessidade de se racionalizar sobre a natureza da matéria. Essa foi uma época em que o Positivismo teve uma grande influência sobre a Ciência. Admitir o método dos equivalentes, na época, implicava em admitir que os pesos atômicos não seriam necessários, pois não eram passíveis de observação direta. Interessante ressaltar que esse método é empregado até hoje em alguns livros de Química. No entanto, havia uma corrente de químicos favoráveis a Dalton que admitiam a existência do átomo, de forma que vários métodos foram criados para se determinar os pesos atômicos.

Um método bastante famoso é o método de determinação dos pesos relativos, em que Dalton arbitrariamente definiu o peso atômico do hidrogênio como 1 (pois o hidrogênio era a substância mais leve conhecida) e ao reagir o hidrogênio com outros elementos (substâncias simples) se estabelecia o peso atômico do outro elemento (substância simples). Ou seja, se 1 grama de hidrogênio reage com 8 gramas de oxigênio e forma 9 gramas de água, pode-se concluir que a massa do oxigênio é oito vezes maior do que a do hidrogênio. Porém, nem todo elemento (substância simples) reagia com o hidrogênio, de forma que outros métodos foram criados. Por exemplo, o método das densidades gasosas de Cannizzaro, no qual a densidade de diferentes gases era dividida pela densidade do gás hidrogênio. Para sólidos foi criado o método de Dulong e Petit, no qual ao se multiplicar o calor específico de uma substância sólida pelo peso atômico dessa substância, obtinha-se um valor aproximado de 6,4. Todos esses métodos (utilizados principalmente na primeira metade do século XIX) são considerados métodos indiretos de determinação dos pesos atômicos, pois se baseavam em reações químicas e determinações arbitrárias do peso atômico para certos átomos. O cálculo das massas absolutas dos átomos só foi possível com a determinação do número de Avogadro com relativa precisão (1865) (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1994).

Com alguns pesos atômicos determinados, os cientistas começaram a investigar relações que existiam entre os pesos atômicos e as propriedades das substâncias. Um primeiro vislumbre destas relações que poderia haver ocorreu em 1829 com Johan W. Döbereiner. “Ele observou que ao agrupar certos elementos químicos (substâncias simples) com propriedades semelhantes, em sequências de três (que ele chamou de tríades), ocorriam curiosas relações numéricas entre os valores de seus pesos atômicos” (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997, p. 104). Ou seja, em uma tríade como a do cloro, bromo e iodo, além das propriedades dessas substâncias serem semelhantes, o peso atômico do bromo era parecido com a média dos pesos atômicos do cloro e do iodo (Pesos atômicos, bromo = 79,90; cloro = 35,45; iodo = 126,90; média entre cloro e iodo = 81,18) (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Não se tinha nenhuma explicação favorável para essa curiosa observação, e assim, com o passar dos anos os cientistas encontraram outras relações entre as propriedades das substâncias e seus pesos atômicos, mas ainda sem conseguir explicar por que essas relações ocorriam. Em 1849, Germain I. Hess introduziu o termo família para designar substâncias com propriedades semelhantes (Iodo, Bromo, Cloro, Flúor; Telúrio, Selênio, Enxofre, Oxigênio; Nitrogênio, Fósforo, Arsênio).

Em 1860, ocorreu um evento que vale comentar, trata-se do Congresso de Karlsruhe (Alemanha), o primeiro congresso internacional na área de Química. Esse evento foi de fundamental importância, pois nele Stanislao Cannizzaro apresentou uma ideia clara para pesos atômicos, baseando-se nas ideias de Amedeo Avogadro. Ao fazer isso, Cannizzaro conseguiu convencer, pouco a pouco, vários cientistas, levando a uma maior aceitação de que os pesos atômicos seriam uma característica fundamental dos átomos (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997).

Pouco tempo após o congresso de Karlsruhe, os cientistas (com uma ideia mais amadurecida sobre os pesos atômicos) voltaram a procurar relações entre as propriedades dos elementos (substâncias simples) e os pesos atômicos. Uma curiosa relação foi encontrada pelo geólogo e mineralogista francês Alexandre E. B. de Chancourtois, que em 1862 dispôs os elementos (substâncias simples) conhecidos ao longo de uma espiral cilíndrica inclinada a 45°, em ordem crescente de seus pesos atômicos. Essa disposição, denominada parafuso telúrico (devido ao fato da substância telúrio estar localizada na região mediana do cilindro),

apresentava os elementos (substâncias simples) semelhantes sobre uma mesma geratriz. No entanto, o trabalho de Chancourtois não teve ampla divulgação na época, devido à dificuldade de visualizar e representar o parafuso telúrico em três dimensões (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Já em 1863, o químico industrial inglês John A. R. Newlands descobriu que ao ordenar os elementos (substâncias simples) conhecidos em ordem crescente de seus pesos atômicos observa-se uma repetição de propriedades a cada conjunto de oito elementos.

Daí surgiu a 'lei das oitavas', que estabelecia em termos gerais, que as substâncias simples exibiam propriedades análogas de tal maneira que, considerada uma dada substância, essa propriedade repetia-se na oitava substância seguinte (na ordem crescente dos pesos atômicos) (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997, p. 105).

Todos esses passos dados mostraram que os cientistas do século XIX estavam amadurecendo muito rapidamente uma ideia de classificação dos elementos (substâncias simples) conhecidos na natureza. Dois nomes merecem destaque na determinação de sistemas de classificação dos elementos (substâncias simples) baseado no peso atômico. Essas tentativas de classificação buscavam, na essência, evidências da importância dos pesos atômicos como uma característica fundamental da matéria (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997).

Por razões cronológicas citaremos inicialmente o trabalho de Julius Lothar Meyer (1830 – 1895), que procurando uma propriedade que refletisse a influência dos pesos atômicos, calculou o “volume atômico” dos elementos (substâncias simples). Essa propriedade seria o volume ocupado por um mol de uma substância simples no estado sólido (volume molar, em termos atuais). De posse dos “volumes atômicos” e dos pesos atômicos dos elementos (substâncias simples), Meyer construiu um gráfico com os valores dos volumes atômicos em função dos valores dos pesos atômicos, demonstrando assim o periodismo existente entre essas duas propriedades (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997).

Contemporâneo aos trabalhos de Lothar Meyer surge a proposta de Dmitri Ivanovitch Mendeleiev. Ele inovou ao estudar diversos óxidos e perceber que as propriedades eram uma função periódica de seus pesos atômicos. Ou seja, os óxidos com valências semelhantes eram colocados em uma mesma coluna e a ordem crescente dos pesos atômicos formava as linhas (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Sua tabela foi bem sucedida porque, além de posicionar os elementos (substâncias simples) conhecidos de uma forma que levasse em conta

suas propriedades e os pesos atômicos, também deixou espaços para novos elementos (substâncias simples) que ainda seriam descobertos. Abaixo segue um exemplo da tabela de Mendeleiev:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Li ₂ O	Gl ₂ O ₂	B ₂ O ₃	C ₂ O ₄	N ₂ O ₅			
Na ₂ O	Mg ₂ O ₂	Al ₂ O ₃	Si ₂ O ₄	P ₂ O ₅	S ₂ O ₆	Cl ₂ O ₇	
K ₂ O	Ca ₂ O ₂	Sc ₂ O ₃	Ti ₂ O ₄	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₆	Mn ₂ O ₇	
Cu ₂ O	Zn ₂ O ₂	Ga ₂ O ₃	Ge ₂ O ₄	As ₂ O ₅	Se ₂ O ₆	Br ₂ O ₇	
Rb ₂ O	Sr ₂ O ₂	Y ₂ O ₃	Zr ₂ O ₄	Nb ₂ O ₅	Mo ₂ O ₆		Ru ₂ O ₈
Ag ₂ O	Cd ₂ O ₂	In ₂ O ₃	Sn ₂ O ₄	Sb ₂ O ₅	Te ₂ O ₆	I ₂ O ₇	
Cs ₂ O	Ba ₂ O ₂	La ₂ O ₃	Ge ₂ O ₄	Ta ₂ O ₅	W ₂ O ₆		Os ₂ O ₈
Au ₂ O	Hg ₂ O ₂	Tl ₂ O ₃	Pb ₂ O ₄	Bi ₂ O ₅	U ₂ O ₆		

Figura 6: Tabela de Mendeleiev que mostra o periodismo na valência dos óxidos (EXTRAÍDO DE TOLENTINO, ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997, p. 108).

Após essa explicação sobre como se deu a criação da tabela periódica, podemos continuar a tratar da evolução do conceito de elemento químico.

4.3 – A definição de Mendeleiev para elemento químico e a definição atual

Mendeleiev percebeu que havia periodicidade das propriedades dos elementos ao posicionar os óxidos com valências semelhantes em uma mesma coluna. Sendo assim, era razoável admitir que o átomo ligado ao oxigênio que era responsável pelas diferentes propriedades dos óxidos, e o que diferenciava um átomo do outro era a massa, como havia proposto Dalton. Mendeleiev então propôs que o termo elemento químico fosse relacionado a átomo, já que eram os átomos que tinham a capacidade de dar propriedades diferentes para as substâncias.

Baseando-se nas noções de Avogadro, Laurent, Gerhardt e Cannizzaro, Mendeleiev associou elemento a átomo e substância simples a molécula, estendeu o programa lavoisierano do vai-e-vem entre corpo simples e composto, para elemento e substância simples. O elemento químico deixou de ser uma coisa palpável para ser um ente abstrato (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997, p. 108).

Pode-se ver essa nova ideia para elemento químico no artigo científico publicado por Mendeleiev “A lei periódica dos elementos químicos”:

Tal como Laurent e Gerhardt empregaram as palavras molécula, átomo e equivalente indistintamente, também hoje em dia se confundem

freqüentemente as expressões corpos simples e elemento. Contudo, cada uma delas tem um significado bem distinto, que importa precisar para evitar confusões nos termos da filosofia química. Um corpo simples é qualquer coisa de material, metal ou metalóide, dotada de propriedades físicas e químicas. A expressão corpo simples corresponde à idéia de molécula [...]. Pelo contrário, deve-se reservar o nome de elemento para caracterizar as partículas materiais que formam os corpos simples e compostos e que determinam o modo como se comportam do ponto de vista físico e químico. A palavra elemento corresponde à idéia de átomo (BENSAUDE; VINCENT; STENGERS, 1992, citado por OKI, 2002, p. 24).

Percebe-se então nesses trechos, que a preocupação de Mendeleiev em obter uma classificação periódica para elementos químicos se referia a uma classificação dos átomos até então conhecidos, de forma que para ele, os dois termos (átomo e elemento químico) são sinônimos. Nesse sentido, seria razoável dizer nessa época, que a água era formada pelos elementos químicos oxigênio e hidrogênio.

Nessa época (fim do século XIX), ainda era válida a ideia de Dalton de que o que diferencia um átomo de outro seria sua massa, ou seja, não se conheciam átomos iguais com massas diferentes. Foi somente com os estudos da radioatividade no começo do século XX, que se iniciaram com Antoine Henri Becquerel e se aprofundaram com o casal Curie, que se admitiu que átomos iguais pudessem ter massas diferentes. Os isótopos foram descobertos em 1913 por Frederick Soddy (1877 – 1950) que admitiu a existência de átomos iguais com massas diferentes como um resultado da interpretação das séries de decaimento radioativo (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 1994). Porém, a existência dos isótopos só pôde ser verificada para átomos radioativos, de forma que para átomos não radioativos o postulado de Dalton (átomos iguais possuíam massas iguais) ainda valia para muitos cientistas. Foi somente em 1919 que Francis William Aston (1877 – 1945) de posse de um aparelho (que ele mesmo construiu) chamado espectrômetro de massa, que foi possível verificar a existência dos isótopos para átomos não radioativos (MEDEIROS, 1999).

Com isso surge um novo problema: como caracterizar os átomos, uma vez que átomos iguais apresentam massas diferentes? Se a massa não era mais um parâmetro para diferenciar os átomos, seria necessário outro parâmetro. A resolução desse problema veio em 1913, com o Físico inglês Henry Moseley (1887 – 1915), ao verificar que substâncias simples ou compostas (dependia de qual átomo se queria analisar), ao serem bombardeadas por um feixe de elétrons emitiam raios X. Os

raios X emitidos possuíam frequências características relacionadas com um número inteiro, número inteiro este que estaria ligado ao número de cargas positivas do núcleo do átomo da substância bombardeada. Desta relação obtiveram-se os números atômicos dos átomos, que corresponde ao número de prótons no núcleo de cada átomo (TOLENTINO, ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). Então, cada átomo que é identificado por uma massa específica e mesmo número atômico é denominado nuclídeo e a relação entre os nuclídeos é denominada isotopia. Segundo essa nova concepção, elemento químico passou a designar uma classe de nuclídeos, como descrito no trecho a seguir:

[...] é importante lembrar que elemento químico não é átomo: na verdade, cada elemento químico diz respeito a uma classe de átomos. Considerando os nuclídeos estáveis de cada elemento químico, em alguns casos, a classe de átomos (elemento químico) pode conter apenas um exemplar, o que ocorre para um grupo de vinte elementos químicos (TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 201).

O seguinte sistema conceitual nos dá uma ideia do que seria o conceito de elemento químico:

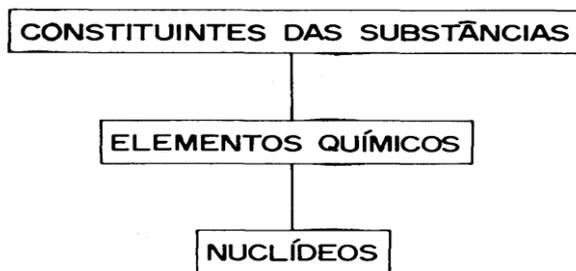


Figura 7. Sistema conceitual para constituinte quanto à natureza de seus átomos (Extraído de TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 200).

Os nuclídeos seriam o modo de realização última da matéria, isto é, as entidades elementares que constituiriam a matéria. “É como se dissesse, que por exemplo, o elemento químico hidrogênio realiza-se em seus nuclídeos (^1H , ^2H , ^3H); o hélio também (^3He , ^4He) etc.” (TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 200).

Por isso que atualmente não faz sentido dizer que elementos químicos são obtidos da natureza, ou que a água é formada pelos elementos químicos oxigênio e hidrogênio, pois elementos químicos não têm nenhuma representação física. Levando em conta que existem elementos químicos com apenas um nuclídeo, como o flúor, por exemplo. Podemos então, definir melhor elemento químico como “[...] tipo de átomo caracterizado por um número atômico específico” (TUNES, TOLENTINO, SILVA, SOUZA e ROCHA-FILHO, 1989, p. 201).

Essa questão da confusão que existe com o conceito de elemento químico pode ser apontada como uma das razões das dificuldades encontradas por professores no ensino da tabela periódica, levando ao surgimento de concepções alternativas, conforme veremos a seguir.

4.4 – As concepções alternativas

É fato bem conhecido que os jovens adentram as aulas de Ciências já com algum conhecimento estabelecido, conforme apontou Bachelard:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 2011, p. 23)

Tais conhecimentos são denominados concepções alternativas e são teorias, construções ou representações da vivência cotidianas do indivíduo usadas para explicar objetos e fenômenos do mundo que se observa. Sabe-se que tais concepções não são idiossincráticas, mas sim, compartilhadas por grupos de estudantes de diferentes países, línguas e sistemas educacionais. Isso acontece porque os membros de uma cultura compartilham modos de pensar e teorizar a respeito de fenômenos específicos. Além do que, a forma como os indivíduos experimentam os fenômenos naturais é delimitada pela própria realidade (DRIVER et al, 1999).

No entanto, tais concepções frequentemente estão em desacordo com as concepções cientificamente aceitas, o que levou os estudiosos a pensarem por muito tempo que um ensino de qualidade se encarregaria de acabar com tais concepções e substituí-las por concepções aceitas. Porém, percebeu-se que tal substituição não é possível, uma vez que as concepções alternativas foram adquiridas ao longo de muito tempo, de modo que fazem parte da estrutura cognitiva do estudante. Seria então uma ilusão acreditar que algumas aulas de Ciências seriam o suficiente para levar o aluno a abandonar suas concepções em favor da

concepção científica (MOREIRA, 1999). Nesse sentido, o que fazer? DRIVER *et. al.* (1999) argumentou que aprender Ciências não implica em necessariamente abandonar as ideias do senso comum, conforme apresentado abaixo.

Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo; é tornar-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento. Antes que isso possa acontecer, no entanto, os indivíduos precisam engajar-se em um processo pessoal de construção e de atribuição de significados. Caracterizado dessa maneira, aprender ciências envolve tanto processos pessoais como sociais. No plano social, o processo envolve ser introduzido aos conceitos, símbolos e convenções da comunidade científica. (DRIVER et al, 1999, p. 36)

Ao invés de falarmos em mudança conceitual, podemos falar em ampliação conceitual em que o aluno possa continuar usando suas concepções em suas interações cotidianas, no entanto, que ele saiba que a Ciência tem uma forma diferente de ver e explicar os fenômenos.

4.5 – Finalizando...

Conforme vimos, as confusões conceituais constituem verdadeiros problemas para o ensino/aprendizagem da tabela periódica, podendo levar a formação de concepções alternativas. Vale, no entanto, ressaltar que assim como vários conceitos científicos, o conceito atual de elemento químico é fruto de uma evolução que passou por diversas etapas, em que cada etapa foi importante historicamente e epistemologicamente. Ou seja, ele é fruto de um esforço de várias pessoas para tentar integrar o que se vê com o que se imagina e assim obter um compromisso entre esses dois mundos (o macroscópico e o microscópico). As confusões presentes nesse conceito indicam que ainda há obstáculos para o entendimento de como se deu essa evolução em favor de uma conceituação mais atual.

CAPÍTULO 5

METODOLOGIA

Nessa parte descreveremos a metodologia empregada no trabalho, mostrando como se deu a coleta de informações, os sujeitos participantes do trabalho e as condições em que o trabalho foi aplicado.

5.1 – Descrição metodológica da pesquisa

O presente trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira parte foi feita a análise dos livros didáticos do PNLD/2012, como forma de verificar como os autores abordam o tema. Para tal análise, foram usados alguns critérios para se ter um padrão de comparação entre os livros. Os critérios analisados foram: a presença de confusão entre os conceitos de átomo, substância e elemento químico, conceitos da tabela periódica que são abordados, presença de atividades experimentais sobre o assunto e a origem da tabela periódica. Tais critérios foram propostos durante a criação deste trabalho. Para se proceder a análise, foi utilizada a abordagem qualitativa, em que cada livro foi avaliado com base no critério e os trechos dos livros que se referem ao critério foram apresentados.

A segunda parte do trabalho consistiu em aplicar o módulo didático apresentado no apêndice do presente trabalho. Tal aplicação se deu com a seleção de um grupo de alunos, cujos critérios utilizados para tal seleção serão descritos mais a diante, em que cada aluno recebia um pequeno caderno de capa dura. Nesse caderno os alunos deveriam apresentar suas concepções prévias sobre os conceitos apresentados e em seguida, após alguma atividade experimental, os alunos deveriam reescrever suas ideias, conforme visto no trabalho de Carmo e Marcondes (2008). Além disso, os alunos deveriam copiar aquilo que era apresentado no quadro negro. Ao final da atividade, os cadernos foram recolhidos para posterior análise, que se utilizou de uma abordagem quantitativa devido ao grande número de atividades realizadas pelos alunos. Para a análise dessa

atividade também foi utilizada a abordagem qualitativa, pois algumas respostas dos alunos foram apresentadas e analisadas, de modo a explicar porque tais respostas foram consideradas corretas.

5.2 – Condições em que a pesquisa foi aplicada

A pesquisa foi realizada no período de 04/10/2012 até 04/12/2012, período este que constitui o 4º bimestre nas escolas. Esse período foi escolhido porque o módulo didático ainda estava sendo construído ao longo do ano de 2012, de modo que se optou por adiar a aplicação do módulo para o final do ano letivo para se ter mais tempo para sua preparação. Além disso, para permitir que os alunos tenham contato com mais conceitos de Química, facilitando assim a coleta de dado para a pesquisa.

5.3 – Sujeitos participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada com alunos do 2º ano do ensino médio, pois é nessa série que a tabela periódica costuma ser tratada. Nesta série os alunos já estudaram o conceito de substâncias, átomos e reações químicas, de modo ser mais fácil obter concepções prévias sobre tais conceitos. Inicialmente a pesquisa contava com quarenta e cinco (45) alunos voluntários, sendo quinze de cada uma das três turmas (2ºE, 2ºF, 2ºG). Essas turmas foram escolhidas por serem turmas cujas aulas eram em dias da semana que tinham menos feriados no restante do ano, possibilitando assim um maior número de aulas para aplicar a pesquisa. Os alunos receberam os cadernos no começo do trabalho e, devido a grande quantidade de cadernos, foram instruídos a ficarem com os cadernos até o final da pesquisa, lembrando sempre de trazer o caderno para as aulas. Ao final da pesquisa, só foram devolvidos trinta e três cadernos (33) e após a análise desses cadernos, apenas dezoito (18) foram

aproveitados, pois os outros estavam com falta de muitas atividades ou copiados de outros colegas. Assim, a análise apresentada nos resultados se refere a esses dezoito cadernos.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

Nesse momento apresentaremos os resultados da primeira parte do trabalho, que é a análise dos livros didáticos.

A tabela periódica é um assunto que tem uma enorme relevância para a Química devido a sua importância histórica e à quantidade de conceitos presentes nela. Cabe então saber como os livros didáticos, que costumam orientar o trabalho dos professores, tratam o assunto, para saber se existem erros conceituais, ou lacunas que precisam ser preenchidas. Foram então, escolhidos os cinco livros de Química selecionados pelo PNLD/2012 para ser feita uma análise sobre como o tema é abordado. Os livros selecionados serão chamados de A, B, C, D e E, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1: Livros de Química analisados.

A	PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano . 4 ed. São Paulo: Moderna, 2010. 1 v.
B	FONSECA, M. R. M. Química – Meio ambiente – Cidadania – Tecnologia . São Paulo: FTD, 2010. 1 v.
C	MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química . São Paulo: Scipione, 2011. 1 v.
D	LISBOA, J. C. F. Química . São Paulo: SM, 2010. 1 v.
E	SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; DIB S. M. F.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; SANTOS, S. M. O.; FARIAS, S. B. Química Cidadã . São Paulo: Nova Geração, 2010. 1 v.

No entanto, existem diversas formas de se abordar o assunto “tabela periódica” de modo que alguns critérios serão destacados para uma análise detalhada. Os critérios serão descritos a seguir.

O primeiro critério analisado foi a presença de confusão entre os conceitos de átomo, substância e elemento químico. O termo “elemento químico” costuma ser usado em livros didáticos e pelos professores de Química de forma indiscriminada. Tal confusão reflete os diversos significados que o termo teve durante a história, em que para os autores de livros didáticos e professores, ora elemento químico significa átomo, ora significa substância simples. No entanto, tais conceitos têm significado completamente diferente do ponto de vista da Química, e como ao tratar a tabela periódica é necessário ter em mente os conceitos de átomos, substâncias simples, substâncias compostas e elementos químicos, torna-se importante saber se há clareza conceitual nos livros.

O segundo critério são os conceitos da tabela periódica que são abordados. A tabela periódica é um assunto extremamente rico dentro do estudo da Química. Ela foi uma conquista para a Química, uma vez que conseguiu agrupar propriedades de átomos, substâncias simples e compostas e ainda demonstrar a periodicidade de certas propriedades. Ao abordar o assunto, alguns livros enfatizam mais a “decoreba” por parte dos estudantes e outros livros deixam mais claro que a tabela é um instrumento de consulta. Como o objetivo desse trabalho é propor um meio de se trabalhar a tabela periódica em sala de aula, torna-se importante saber o que os livros didáticos estão enfatizando.

O terceiro critério é a presença de atividades experimentais sobre o assunto. A tabela periódica é uma fonte de consulta que contém informações sobre as substâncias simples, os átomos e os elementos químicos, de forma que atividades experimentais que mostrem essa diferença podem facilitar a compreensão das informações da tabela.

O quarto critério é a Origem da tabela periódica. A história da Ciência muitas vezes nos dá ferramentas para a compreensão de diversos conceitos, e diversas vezes os livros didáticos usam mão do recurso da história da Ciência para apresentar um assunto. Como o tema “tabela periódica” está invariavelmente ligado a sua história, torna-se necessário saber se o que é dito pelos livros está de acordo com os fatos históricos.

6.1 - Como a tabela periódica é tratada nos livros do PNLD?

6.1.1 - Presença de confusão entre os conceitos de átomo, substância e elemento químico.

O livro A apresenta diversas confusões no texto teórico, como vemos no trecho: “[...] é mais comum representar os elementos com números atômicos de 57 a 71, chamados **lantanídeos**, e os de 89 a 103, chamados **actinídeos**, à parte dos demais, abaixo da tabela” (p. 115). Ou ainda: “Os cientistas do século XIX rapidamente perceberam como os elementos químicos apresentam propriedades muito variadas” (p. 114). Tais trechos trazem elementos químicos como átomos e substância simples respectivamente. Há momentos em que o livro A traz a definição atualmente aceita para elemento, como vemos nos trechos a seguir: “[...] é possível perceber que os átomos de elementos de um mesmo grupo (família) apresentam em comum o número de elétrons na última camada” (p. 123). “De fato, átomos desses quatro elementos puderam ser produzidos artificialmente pelos cientistas por meio de processos nucleares [...]” (p. 122).

O livro B também está repleto de usos indiscriminados dos termos “elemento” ou “elemento químico”, como se pode ver no trecho “As propriedades dos elementos, assim como as fórmulas e propriedades das substâncias simples e compostas que eles formam, são funções periódicas das massas atômicas dos elementos” (p. 237). Como é possível perceber, o trecho citado traz a palavra “elementos” com o significado de átomos, pois fala de massa atômica e substâncias simples e compostas que são formadas. Ainda no livro B, pode-se citar o seguinte trecho: “O conhecimento atual das propriedades dos elementos químicos nos permite reuni-los em cinco grupos diferentes – metais, ametais, semimetais, gases nobres e hidrogênio -, considerando as principais propriedades químicas e as características físicas das substâncias simples que eles formam” (p. 244). Nesse trecho observa-se uma enorme confusão conceitual, pois o termo “elemento químico” significa átomo e, além disso, para a autora, os grupos apresentados (metais, ametais, etc.) são classificações dos átomos. Isso não faz muito sentido, pois os átomos não apresentam características metálicas ou ametálicas uma vez

que eles não são condutores, maleáveis, etc. Essas características são atribuídas à substância simples, logo a classificação metais, ametais, semimetais, gases nobres e hidrogênio se referem à substância simples.

O livro C começa o seu capítulo sobre tabela periódica trazendo a definição atualmente aceita para elementos químicos, como é possível ver no trecho: “Segundo esse novo critério, átomos de um mesmo elemento químico possuem o mesmo número de prótons em seu núcleo” (p. 153). No entanto, logo em seguida é possível verificar alguns trechos com confusão conceitual, como por exemplo, o trecho “A partir de 1940, começaram a ser obtidos, artificialmente, elementos com números atômicos maiores que 92 – os elementos transurânicos” (p. 155). O trecho trata elementos com o significado de átomos, pois números atômicos é uma característica dos átomos. Em seguida há um trecho que diz “Apesar do número relativamente grande de elementos, muitos deles apresentam propriedades semelhantes. Durante o século XIX, ocorreram várias tentativas de agrupar os elementos de acordo com essas propriedades em comum” (p. 155). Nesse trecho podemos constatar que o termo “elemento” se trata de substâncias simples, pois os cientistas do século XIX não possuíam meios de verificar propriedades atômicas (as massas atômicas eram medidas por métodos indiretos), logo as propriedades citadas eram de substâncias simples.

O livro D também apresenta uma série de problemas no que se refere à clareza conceitual do termo “elemento químico”, como evidenciado no trecho a seguir. “Até o final do século XVIII, apenas 33 elementos químicos tinham sido descobertos. Entretanto, durante o século XIX, acompanhando o grande desenvolvimento tecnológico e industrial, o número de elementos químicos conhecidos praticamente triplicou [...]” (p. 143). Nesse trecho não fica claro se o termo “elemento químico” significa átomo ou substância simples, pois de fato novas substâncias foram obtidas no século XIX, porém, para os cientistas, essas substâncias eram formadas por átomos, que também eram desconhecidos até então, o que dá significado ambíguo ao termo. Podemos citar também esse outro trecho que demonstra confusão conceitual. “Dos mais de cem elementos químicos conhecidos, noventa têm ocorrência na natureza. Os demais são artificiais, ou seja, produzidos pelo ser humano” (p. 149). Esse trecho é interessante, pois a primeira vista podemos achar que se trata de elemento químico significando átomo, mas

precisamos considerar que átomos são constructos teóricos, logo não se pode afirmar que existem na natureza, conclui-se então que o trecho se refere às substâncias simples.

No livro E praticamente todos os usos do termo “elemento químico” se encontra em concordância com a moderna conceituação para o termo, como vemos nos trechos a seguir. “Afim, os vegetais são constituídos de substâncias formadas por átomos de vários elementos químicos retirados do solo” (p. 214). “Já todas as substâncias são constituídas, na maioria das vezes, pela combinação de átomos de diferentes elementos químicos ou do mesmo elemento químico, ou, ainda, em alguns poucos casos, por átomos isolados de alguns elementos químicos” (p. 221). “As propriedades periódicas são aquelas relacionadas com os átomos de elementos químicos e que seguem uma variação ao longo da tabela periódica” (p. 240). No entanto, foi possível identificar um uso indevido no seguinte trecho. “Uma das primeiras conclusões do estudo foi: se os elementos químicos estiverem ordenados de acordo com seus pesos atômicos, suas propriedades seguirão uma periodicidade” (p. 228). O que não tira o mérito dos autores em seus esforços para expressarem corretamente o significado atual para elemento químico.

6.1.2 - Conceitos da tabela periódica que são abordados.

O livro A, após apresentar as famílias e os períodos da tabela periódica, dedica uma parte do capítulo para as relações entre os elétrons de valência dos átomos e suas respectivas posições na tabela periódica (p. 122 – 124). O livro também traz as propriedades periódicas de átomos e substâncias simples crescendo ou diminuindo na medida em que se passa pelos períodos ou colunas da tabela (p. 128 – 131). Há também no livro o conceito de semimetais, como algo que está presente em livros de outros autores, sem, no entanto enfatizar o fato desse termo estar em desuso. Há inclusive um trecho em que se posicionam os semimetais na tabela periódica. “Os semimetais correspondem a uma região de ‘fronteira’ entre os metais e os não-metais. Os semimetais não terão destaque no estudo da Química realizado nesse livro” (p. 121). Ou seja, os autores dizem que é uma definição

trazida por outros livros, mas ao posicionarem os semimetais na tabela, e dizerem que não será objeto de estudo do livro, eles estão corroborando a validade do conceito.

O livro B, assim como o livro A apresenta uma abordagem mais tradicional e em nenhum momento procura ressaltar a tabela periódica como instrumento de consulta. O capítulo que trata da tabela periódica dedica uma parte para situar os átomos na tabela periódica de acordo com a distribuição eletrônica de Linus Pauling (p. 239 – 241). Em seguida o livro se dedica em apresentar características dos metais, dando uma grande ênfase no ferro, com a descrição do processo siderúrgico, dos diferentes tipos de ligas de ferro e por último uma explicação de como se dá o processo de corrosão do ferro (p. 245 – 248). Para os ametais o livro apresenta um texto sobre nanotubos de carbono, descrevendo o que são, para que servem e suas principais propriedades (p. 249). Os grupos Gases Nobres e Hidrogênio são apresentados a seguir junto com os semimetais, com uma descrição do que seriam os semimetais, sem dizer em nenhum momento que essa classificação não existe mais (p.250). “Hoje em dia existe uma tendência em dividir esses elementos em metais e ametais” (p. 250). Por último o livro B, assim como no livro A traz as propriedades periódicas de átomos crescendo ou diminuindo na medida em que se passa pelos períodos ou colunas da tabela (p. 251 – 258).

O livro C não traz a tabela periódica como algo a ser decorado e enfatiza a natureza da tabela como um instrumento de consulta, como mostrado no trecho: “Recorrer a tabela periódica é uma maneira de não ter que memorizar as informações que ela fornece. O importante é saber consultá-la para extrair essas informações, quando necessário” (p. 156). Após apresentar um breve histórico da tabela periódica, o livro traz a descrição do modelo atômico de Bohr, uma explicação sobre ondas eletromagnéticas e a relação entre o modelo de Bohr com as propriedades periódicas (raio atômico e 1ª energia de ionização) (p. 158 – 175). Em seguida o livro C traz o modelo atômico atual e alguns princípios da mecânica quântica (números quânticos, dualidades partícula-onda e princípio da incerteza de Heisenberg) e retorna à tabela periódica relacionando a distribuição eletrônica em subníveis com a posição do átomo na tabela (p176 – 188). O livro ainda procura diferenciar os metais dos ametais, fazendo uma relação entre a variação do raio atômico e da 1ª energia de ionização com o caráter metálico ou ametálico desses

átomos. “Se comparamos essas variações com variações do caráter metálico e do caráter não metálico, veremos que, quanto mais fácil é remover um elétron de um átomo, maior é o seu caráter metálico” (p. 190). Por último, apresenta uma série de exemplos de como as substâncias metálicas e ametálicas reagem para formar substâncias compostas, e assim, diferenciando os gases nobres, de outros grupos por eles não reagirem com facilidade (p. 191 – 192).

O livro D traz dois capítulos sobre tabela periódica, o primeiro dedicado à história da tabela (p.143 – 145), a apresentação das famílias e dos períodos (p. 147) e por último, a classificação das substâncias da tabela em metais, ametais e gases nobres (p. 149). No segundo capítulo sobre o assunto, o livro se dedica a apresentar as propriedades periódicas, e assim como nos livros A e B, demonstrar como essas propriedades variam ao longo dos períodos e famílias da tabela (p. 158 – 163).

Já o livro E começa o seu capítulo sobre tabela periódica trazendo um texto com abordagem CTS em que se explica o papel da agricultura na formação das sociedades humanas, e de que forma as diferentes substâncias e átomos contribuem para melhorar a produção agrícola (p. 212 – 220). Em seguida, o livro explica um pouco como se deu a formação dos átomos dos diferentes elementos químicos, utilizando como referência a teoria do Big-Bang, e como a partir dessa teoria seria possível produzir átomos artificialmente (p. 221 – 227). Após apresentar o histórico da tabela periódica, o livro traz a classificação das substâncias em metais, ametais e gases nobres (p. 231 – 235). Por último, o livro se dedica a discutir as propriedades periódicas, apresentando a lógica que rege a variação dessas propriedades na tabela (p. 238 – 244). Vale a pena ressaltar que o livro E enfatiza o papel da tabela periódica como instrumento de consulta, apresentando inclusive um exemplo de como obter algumas propriedades do átomo de fósforo e da substância simples fósforo consultando a tabela. “Analisando a legenda da tabela periódica deste livro, identifique as seguintes informações sobre o elemento químico fósforo: símbolo, número atômico, número de elétrons do átomo neutro, período, grupo, estado de agregação da substância simples e massa atômica [...]” (p. 236).

6.1.3 - Presença de atividades experimentais sobre o assunto.

Os livros A, B e C não apresentam nenhuma atividade experimental, somente a resolução de exercícios teóricos. No entanto, torna-se importante dizer que o livro C apresenta um experimento em que é realizado um teste de chama no capítulo analisado (p. 162). Mas como o experimento objetivava trabalhar o modelo atômico de Bohr, ele não será apontado como um experimento que visa trabalhar os conceitos da tabela periódica.

O livro D traz uma atividade experimental, cujo objetivo é conhecer as propriedades de algumas substâncias simples (p. 151). O primeiro experimento é a combustão de hidrogênio gasoso, que é produzido a partir de uma reação de hidróxido de sódio com alumínio metálico, um experimento extremamente perigoso. O segundo experimento é a reação de vapores de iodo com papel sulfite.

O livro E traz uma atividade experimental em que objetiva-se calcular o volume de um átomo de ferro, a partir de um prego de ferro (p. 242). No experimento é necessário retirar a cabeça e a ponta do prego de modo a se fazer um cilindro de ferro. Com cálculos do cilindro e utilizando-se a massa molar do ferro, é possível obter uma aproximação do raio atômico do ferro.

6.1.4 - Origem da tabela periódica.

O livro A não apresenta a história da tabela periódica no seu corpo teórico, de forma que ela só é discutida em uma seção denominada “Informe-se sobre a Química” no final do capítulo (p. 135 – 138). O livro fala então das contribuições de Döbereiner, Chancourtois e Newlands, culminando com a classificação de Mendeleiev, no entanto, os autores não deixam claro no texto o diferencial de Mendeleiev que fez com que ele fosse mais bem sucedido do que os outros cientistas. “Mendeleiev organizou as fichas de acordo com a ordem crescente da massa dos átomos de cada elemento. Notou que nessa sequência apareciam, a intervalos regulares, elementos com propriedades semelhantes, de modo similar ao que Newlands fizera [...] Em 1869, Mendeleiev pôde organizar os elementos em uma tabela, na qual aqueles com propriedades semelhantes apareciam numa mesma

coluna” (p. 136). Ou seja, esse trecho não explica em nada qual foi a real contribuição de Mendeleev, dando a entender que ele só repetiu o trabalho de Newlands. Em seguida o livro apresenta o que teria sido o diferencial no trabalho de Mendeleev. “Antes de Mendeleev, outros cientistas – como Döbereiner, Chancourtois e Newlands – já haviam percebido que alguns elementos têm propriedades semelhantes, mas o mérito do químico russo foi o de fazer uma extensiva organização dos elementos com base em suas propriedades, realizar pequenos ajustes necessários e deixar locais para elementos que poderiam existir mas que ainda não haviam sido descobertos” (p. 137). Nesse trecho percebemos uma excessiva valorização em trabalhos de Mendeleiev que não foram tão importantes, deixando de comentar o estudo da valência dos óxidos de diferentes átomos, que de fato diferenciou o trabalho de Mendeleiev dos outros cientistas.

O livro B apresenta a história da tabela periódica no começo do capítulo, começando com as contribuições de Döbereiner, Chancourtois e Newlands em suas tentativas de obterem uma relação entre massa atômica e propriedades das substâncias (p. 235 – 236). Em seguida, o livro fala sobre as contribuições de Mendeleiev como consta a seguir. “O que difere o trabalho iniciado em 1868 pelo químico russo Dimitri Ivanovitch Mendeleiev dos anteriores é que ele foi o único que procurou relacionar todos os elementos em uma única classificação. Mendeleiev chegou à conclusão de que o critério utilizado deveria realmente ser a massa atômica dos elementos” (p. 237). Esse trecho não deixa bem claro o que Mendeleiev fez, pois outros cientistas já haviam tentado colocar todas as substâncias em uma única classificação, além disso, todas as tentativas anteriores de organizar as substâncias levavam em conta a massa atômica. Em seguida o livro se dedica a explicar como Mendeleiev procedeu para prever as propriedades de substância que não haviam sido obtidas ainda (p. 237 – 238).

No livro C há uma breve descrição de como se deu a evolução do conceito de elemento até chegar a noção atualmente aceita (p. 153 – 155). O livro não diz exatamente o que levou à construção da tabela, apenas apresenta figuras das tríades de Döbereiner, do parafuso telúrico de Chancourtois e das oitavas de Newlands, de modo que as explicações aparecem em fonte reduzida como legenda das figuras (p. 155). Ao falar de Mendeleiev, o texto traz: “Uma forma de organizar os elementos é a tabela periódica, que tem sua origem na proposta feita por

Mendeleiev, em meados do século XIX [...] Mendeleiev tinha um grande conhecimento das propriedades físicas e químicas desses elementos e organizou a tabela colocando-os em ordem crescente de seus pesos atômicos. Agrupou os elementos que possuíam propriedades semelhantes, uns debaixo dos outros” (p. 155). Ou seja, nada a respeito da real contribuição de Mendeleiev e, além disso, tornando bastante difícil diferenciar o seu trabalho do de Newlands.

O livro D começa a falar do histórico da tabela periódica trazendo o motivo que levou os cientistas do século XIX a tentarem construí-la, motivo este que não corresponde com o que se sabe da origem da tabela periódica. “Até o final do século XVIII, apenas 33 elementos químicos tinham sido descobertos. Entretanto, durante o século XIX, acompanhando o grande desenvolvimento tecnológico e industrial, o número de elementos químicos praticamente triplicou [...] Esse ritmo acentuado de descobertas de elementos químicos levou à necessidade de buscar meios de agrupá-los de acordo com suas propriedades” (p. 143). Em seguida, o livro fala dos trabalhos de Döbereiner, Chancourtois e Newlands, apresentando ao final, o trabalho de Mendeleiev e Lothar Meyer. “Julius Lothar Meyer, cientista alemão, também organizou os elementos conforme as similaridades das propriedades físico-químicas. Porém, Mendeleiev leva os créditos por ter tido a grande ousadia de utilizar a sua tabela para prever as propriedades de elementos que ainda não haviam sido descobertos” (p. 144). Ou seja, mais uma vez trata a capacidade de previsão da tabela de Mendeleiev como o grande feito do cientista. Algo que chamou bastante atenção no livro foi o fato de haver uma tabela de Mendeleiev 1869, que mostra a fórmula geral dos óxidos (R_2O , RO , R_2O_3 , etc.) como forma de organizar os átomos, mas nenhuma menção a esse critério é feita.

O livro E começa a falar do histórico da tabela periódica com uma analogia em que a organização das substâncias e dos átomos conhecidos é comparada com a organização de roupas em gavetas (p. 227). Além disso, o texto dá a entender que a necessidade de organização veio com a quantidade de elementos (substâncias simples) conhecidos. “Em 1850, eram conhecidos cerca de 60 elementos químicos e estudá-los sem uma forma eficiente de organização estava tornando-se cada vez mais difícil. A necessidade de classificá-los eficientemente era crescente” (p. 227). Ao abordar a história da tabela, o texto começa direto com as contribuições de Mendeleiev e Lothar Meyer, de forma que as ideias de outros cientistas ficam em um

quadro denominado “A Ciência na história – Algumas propostas de classificação dos elementos químicos” (p. 228). Ao tratar das contribuições de Mendeleiev, o livro cita o seu trabalho com os óxidos, como forma de diferenciar o que foi feito de diferente em relação ao trabalho de Meyer. “Meyer baseou-se principalmente em propriedades físicas, enquanto Mendeleev, em propriedades químicas de óxidos e de substâncias simples” (p. 229). Ao falar da capacidade de previsão de novas substâncias da tabela de Mendeleiev, o livro E o faz em uma seção separada denominada “Previsões da tabela periódica” (p. 231).

Com a análise dos livros citados acima, podemos ver que ainda existe uma série de problemas com relação ao ensino da tabela periódica. Por mais que alguns autores se esforcem para não confundirem conceitos, há ainda na maioria dos livros didáticos, erros que podem dificultar a aprendizagem dos alunos. Além disso, percebe-se que há uma falta de experimentos que usem uma abordagem fenomenológica em sala de aula, de modo que os livros se preocupam demais em enfatizar aspectos teóricos, trazendo apenas atividades com pouca significação para os alunos. Uma tentativa de suprir essa carência existente nos livros didáticos será apresentada na próxima parte do capítulo, sob a forma de uma proposta diferenciada que visa facilitar a aprendizagem de certos conceitos que envolvem a tabela periódica.

Nessa segunda parte do capítulo, serão apresentados os resultados do projeto aplicado, analisando-se as respostas dadas, pelos alunos, às perguntas feitas antes da atividade proposta (respostas estas que foram chamadas de “Concepções Prévias”, conforme apresentado no módulo didático) e depois da atividade proposta (respostas estas que foram chamadas de “Avaliação da Aprendizagem”, conforme apresentado no módulo didático). As respostas serão apresentadas na forma de gráficos comparativos em que se analisará a porcentagem de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas e incorretas antes e depois da atividade proposta. Nosso objetivo nesse ponto seria analisar se as atividades trazidas nesse projeto de fato facilitam a aprendizagem dos conceitos trabalhados, verificando assim se o número de respostas corretas de fato aumentou após a execução das atividades pedagógicas. Em seguida, serão apresentados gráficos com a porcentagem de acertos e erros para algumas perguntas que foram feitas com o objetivo de se extrapolar o conhecimento que foi trabalhado em sala de

aula. Importante ressaltar que conforme o capítulo de metodologia do presente trabalho apresentou, as porcentagens se referem a um total de dezoito (18) alunos. Após essa comparação entre respostas, apresentaremos um exemplo de resposta que foi considerada correta junto de um breve comentário para se entender os critérios que levaram à resposta a ser classificada como correta. Por último, apresentaremos as respostas de estudos dirigidos feitos em sala (conforme apresentado no módulo didático) com os alunos, analisando-se a porcentagem de acertos e erros para cada questão.

6.2 – Elemento químico, substância e átomo

Nessa unidade procurou-se estabelecer a diferença entre os conceitos de elemento químico, substância e átomo, apresentando-os como conceitos científicos, ou seja, dentro de um sistema lógico, com relações de subordinação e coordenação, de modo que o aluno direcionasse sua atenção ao ato do pensamento e não apenas ao objeto da aprendizagem. Para tal análise foi perguntado para os alunos o que eles entendiam por substâncias, átomos e elementos químicos como forma de levantar suas concepções prévias. Em seguida, foi apresentado o sistema conceitual que relaciona o conceito de substância e átomo, foi comparado amostras de água destilada com água de torneira e de açúcar refinado com açúcar mascavo. Por último foi apresentado como se deu a evolução histórica do conceito de elemento químico. Com isso, pediu-se que os alunos respondessem de novo o que eles entendiam por esses três conceitos (substância, átomo e elemento químico) como forma de avaliar se houve aprendizagem. O gráfico abaixo relaciona as porcentagens de acertos totais, acertos parciais e erros nas respostas dos alunos referentes ao conceito de “substância”.

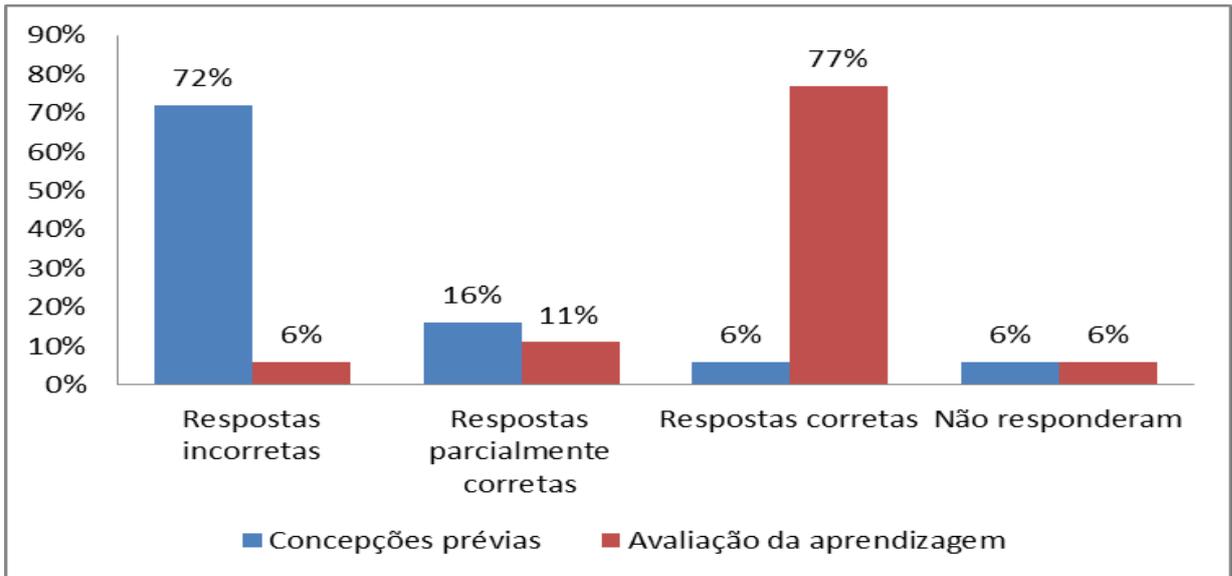


Figura 10: Respostas dos alunos sobre o conceito de “substância” antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

É o que forma as coisas.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Substância é o que forma os materiais. Existem materiais diferentes porque as substâncias que os formam são diferentes.

Com essa resposta vemos que o aluno conseguiu melhorar bastante sua resposta, pois saiu de “forma as coisas” para “forma os materiais” mostrando a capacidade do aluno de operar dentro de um sistema conceitual com relações de subordinação e coordenação. Como foi visto anteriormente (p. 39), materiais são porções de matéria que contém duas ou mais substâncias.

Vemos por esse gráfico que a porcentagem de respostas corretas aumentou muito após a aplicação da atividade, mostrando que o sistema conceitual é bastante efetivo para definir o que é “substância”.

Após a definição de substância, foi pedido para que os alunos classificassem algumas amostras apresentadas em sala como substâncias ou materiais, para analisarmos se o aluno é capaz de operar com esses conceitos. As amostras trabalhadas foram água destilada, água de torneira, açúcar refinado e açúcar mascavo. Para fins didáticos, considerou-se a água destilada e o açúcar refinado

como substâncias puras, em contraposição com a água de torneira e o açúcar mascavo.

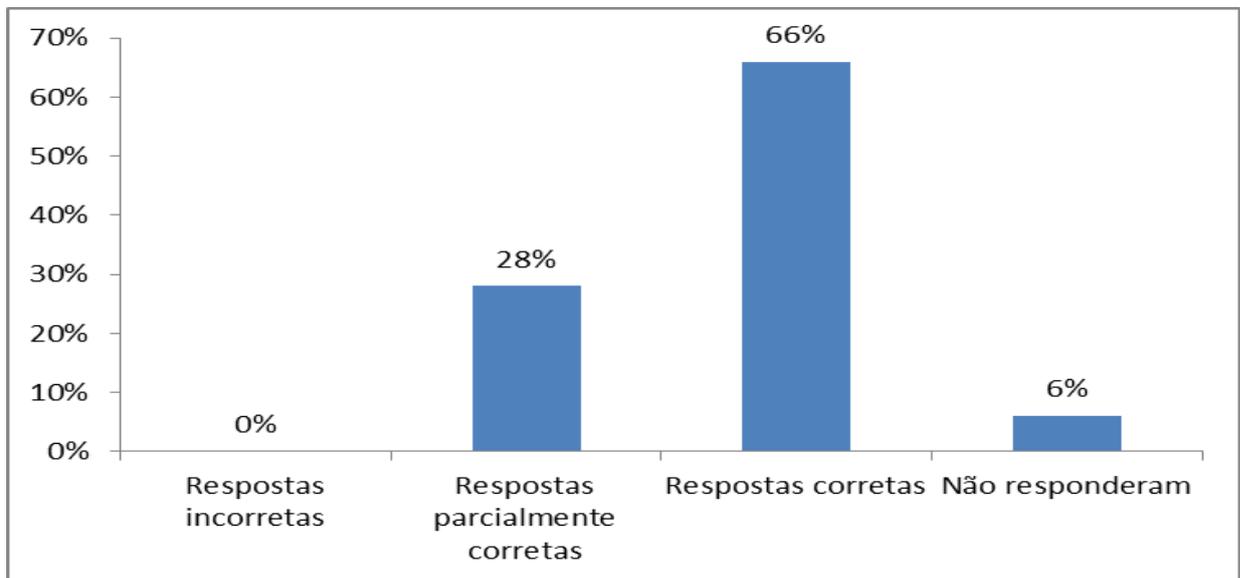


Figura 11: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referente à classificação de amostras em substâncias ou materiais.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Açúcar mascavo: É material, pois é composto por várias substâncias.

Água de torneira: Material, pois é composto por várias substâncias inclusive sais minerais e cloro.

Água destilada: É uma substância, pois só contém água, não tem nenhuma outra substância junta.

Açúcar refinado: É substância, pois só contém açúcar, por isso é puro.

Verificamos com a resposta apresentada e grande porcentagem de respostas consideradas corretas que uma vez que se entende o que é uma substância, é bem fácil diferenciá-la do conceito de “material”. Verificamos ainda que há uma porcentagem razoável de alunos cujas respostas foram consideradas parcialmente corretas. Isso se deu, pois não foi pedido para que os alunos justificassem suas respostas, levando-os a apenas responder se a amostra era substância ou material, de modo a não se ter certeza se o aluno se apropriou do conceito ou se apenas o decorou. No entanto, a ausência de respostas consideradas erradas nos leva a crer que a falta de justificativa por parte desses alunos se deve ao fato de não ter sido requisitado durante a atividade. Para resolvermos esse problema, será feita a alteração no módulo didático de modo a pedir que os alunos justifiquem suas respostas nessa atividade.

Passemos agora para a próxima atividade em que se pediu que os alunos explicassem o que entendem por átomo antes de qualquer explicação. Em seguida,

se faz a apresentação do sistema conceitual conforme apresentado no módulo didático. Com isso, esperava-se que os alunos pudessem definir o conceito de átomo em função dos constituintes das substâncias, demonstrando assim, o pensamento dentro de sistemas conceituais. Os resultados estão expressos no gráfico abaixo.

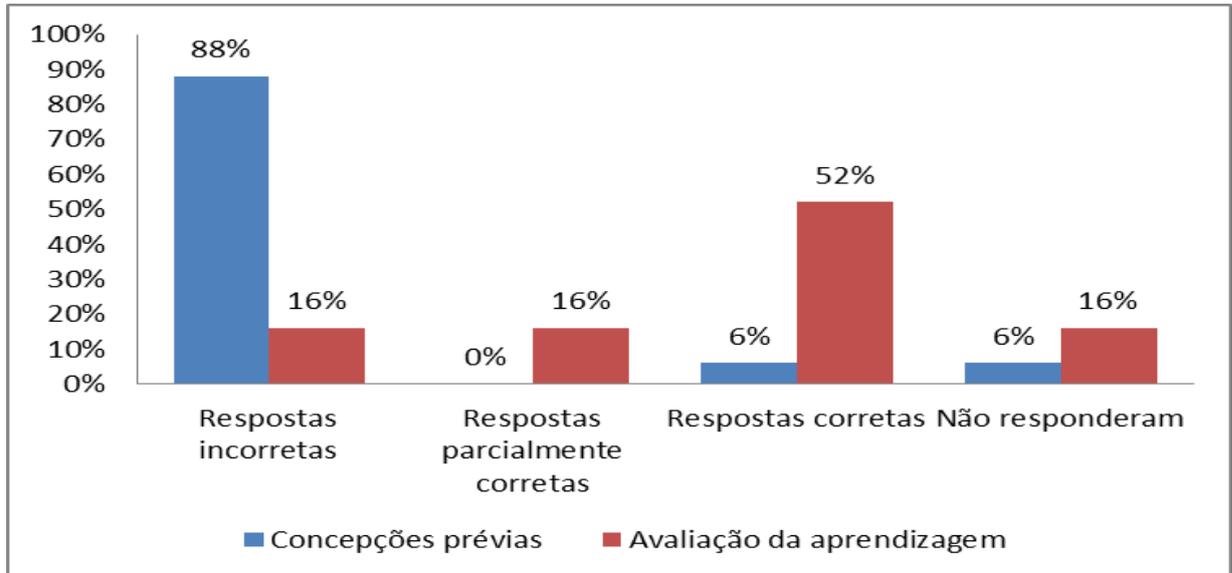


Figura 12: Porcentagem de respostas dos alunos sobre o conceito de “átomos” antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Partícula com carga que constitui toda matéria.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

São partículas com cargas que formam constituintes, que formam substâncias, que formam os materiais e assim formam a matéria.

Inicialmente o aluno apresentou a ideia de que os átomos formam a matéria, pulando todos os conceitos que existem entre eles, mas na reformulação de sua resposta é possível verificar uma perfeita apropriação dos conceitos inseridos no sistema conceitual, em que um conceito é definido em função de outro.

Vemos ainda que houve um aumento considerável na porcentagem de respostas consideradas corretas após a aplicação da atividade, isso nos mostra que o sistema conceitual é bem eficiente para levar a apropriação do conceito de “átomo”. No entanto, apesar de se ter havido um aumento na porcentagem, é

possível ver pelo gráfico também que metade dos alunos não conseguiu se apropriar de forma satisfatória do conceito. Uma possível explicação é que em muito se fala em átomos e modelos atômicos em sala de aula, mas pouco se discute sobre o que se trata esse conceito e o que ele significa para a Química. Levando-nos a conclusão que é necessário um trabalho mais aprofundado para conseguirmos levar os alunos a aprendizagem desse conceito.

Após esse trabalho de tentar definir o conceito de “átomo”, foi pedido para que os alunos completassem uma tabela em que se pedia os constituintes formadores de algumas substâncias (sal de cozinha, açúcar refinado, gás nitrogênio e gás oxigênio) e os átomos que formariam esses constituintes, conforme apresentado no módulo didático. Os resultados estão no gráfico abaixo.

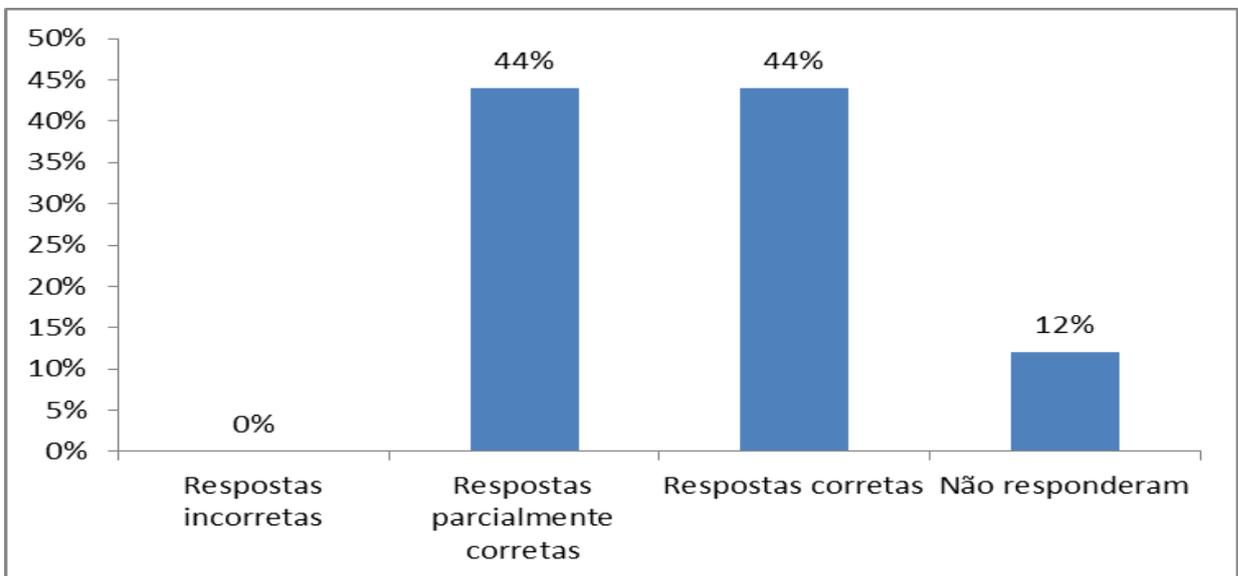


Figura 13: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referente à identificação dos constituintes formadores das substâncias e dos átomos formadores dos constituintes.

Abaixo está um exemplo de tabela que foi construída por um aluno e foi considerada correta.

SUBSTÂNCIAS	CONSTITUINTES	ÁTOMOS
Sal de Cozinha	Na Cl	1 sódio (Na) 1 cloro (Cl)
Açúcar refinado	$C_{12}H_{22}O_{11}$	12 Carbono (C) 22 Hidrogênio (H) 11 Oxigênio (O)
Nitrogênio	N_2	2 Nitrogênio (N)
Oxigênio	O_2	2 Oxigênio (O)

Tabela 1: Tabela de análise das substâncias, sal de cozinha, Açúcar refinado, gás nitrogênio e gás oxigênio.

Com isso verificamos que com essa abordagem, os alunos podem aprender quais são os constituintes de algumas substâncias e quais átomos formam tais constituintes. Pelo gráfico é possível notar também um grande número de respostas que foram consideradas parcialmente corretas. Isso se deu porque esses alunos, na hora de apresentar os átomos que formariam os constituintes das substâncias, apresentaram apenas o tipo de átomo que forma o constituinte sem a quantidade. Temos aí uma oportunidade de mostrar aos alunos a diferença entre átomos e tipos de átomos (elementos químicos), conforme veremos adiante.

Serão apresentados agora, os resultados referentes à aprendizagem do conceito de elemento químico. Nesta atividade, os alunos apresentaram suas concepções prévias sobre o conceito e em seguida, foi apresentada a evolução histórica do conceito. Objetivava-se assim mostrar que as principais concepções sobre elemento químico que foram adotadas ao longo da história da humanidade foram superadas em função de uma conceituação atual, e assim, levar os alunos a apropriação correta do conceito.

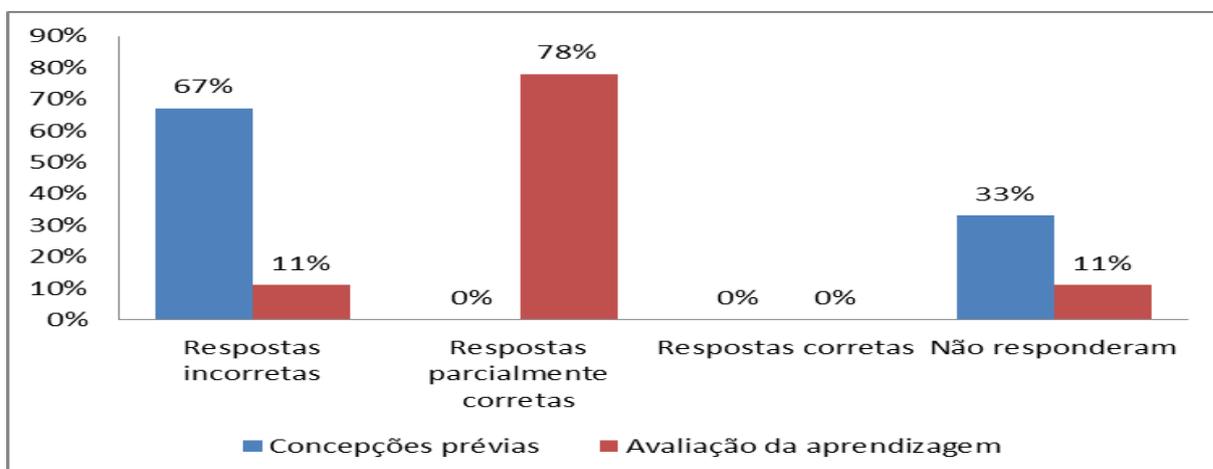


Figura 14: Respostas dos alunos sobre o conceito de "elemento químico" antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Pelo gráfico acima, vemos um resultado interessante, pois durante o levantamento das concepções prévias ou a resposta foi considerada incorreta, ou o aluno não respondeu. Abaixo temos uma concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Isótopos ou substâncias.

Após a aplicação do projeto e avaliação da aprendizagem, verificou-se uma grande queda das respostas consideradas incorretas, mas não houve nenhuma resposta considerada totalmente correta. Vejamos então a resposta do mesmo aluno citado acima, resposta considerada parcialmente correta, para podermos entender o que aconteceu.

Elemento químico é o nome de específico grupo onde átomos iguais estão dentro. Ex. H_1^1 H_1^2 H_1^3 .

Essa resposta mostra uma evolução em relação ao uso incorreto do termo “elemento químico”, apresentado na concepção prévia, conceituando-o como sinônimo de substância ou átomo (isótopo). No entanto, esta resposta ainda está presa às ideias dos livros didáticos que caracterizam elementos químicos sempre em termos de grupos de átomos. Essa ideia não está totalmente correta porque nem todo átomo está contido em um grupo de dois ou mais átomos que apresentam mesmo nome, símbolo e número atômico. Temos como exemplo o átomo de flúor (F_9^{19}) que não apresenta nenhum isótopo, ele é um mononuclídeo. Sendo assim, uma melhor caracterização para elemento químico seria “tipos de átomos caracterizados por um nome, um símbolo e um número atômico”. Para tentar resolver essa confusão em torno do conceito de “elemento químico”, será proposta uma nova atividade no módulo didático em que se pedirá para os alunos analisarem diferentes constituintes e determinarem quantos átomos e tipos de átomos (elementos químicos) estão presentes.

Como última atividade da unidade, foi realizado em sala de aula um estudo dirigido (ED1, conforme apresentado no módulo didático) com os alunos. Esse estudo dirigido objetivava avaliar se os alunos sabiam diferenciar substâncias de materiais, se eles conheciam os constituintes de algumas substâncias, junto com os átomos que formam esses constituintes e se eles conseguiam identificar os usos incorretos e corretos do termo “elemento químico” em trechos extraídos de livros

didáticos. Para essa parte dos resultados, apresentaremos gráficos com porcentagens de acerto de cada item para cada questão. Abaixo temos o gráfico de porcentagem de acertos e erros para a primeira questão do estudo dirigido, que objetivava avaliar se o aluno sabia diferenciar substâncias de materiais. Para essa questão não existem acertos parciais, pois ou no aluno acerta, ou o aluno erra.

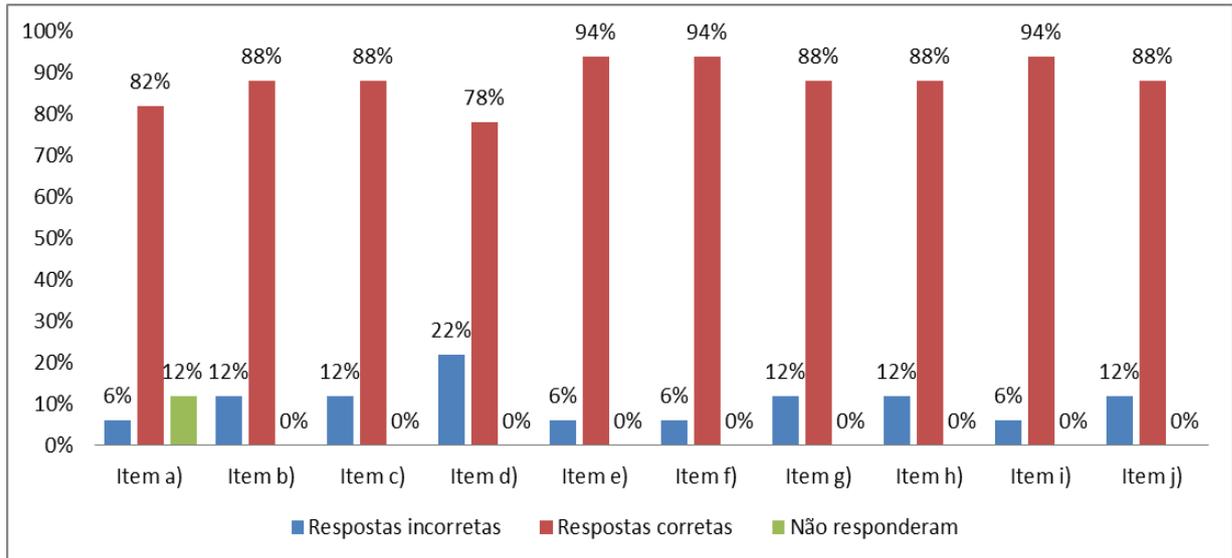
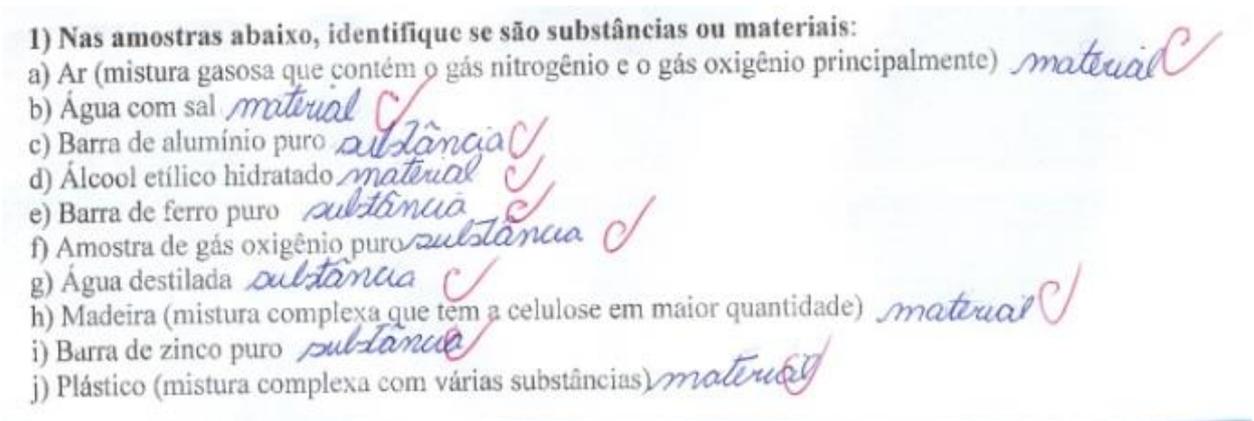


Figura 15: Porcentagem de respostas corretas e incorretas, por item, da primeira questão do estudo dirigido 1 (ED1).

Abaixo temos uma digitalização feita a partir do estudo dirigido de um aluno que acertou todos os itens.



Pela alta porcentagem de acertos obtida nessa atividade, podemos afirmar que os alunos sabem diferenciar substâncias de materiais, sendo necessário apenas descrever a amostra em termos da pureza.

A seguir apresentaremos o gráfico com a porcentagem de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas e incorretas para a segunda questão,

que procurava avaliar se os alunos conheciam os constituintes das substâncias e os átomos que formam esses constituintes.

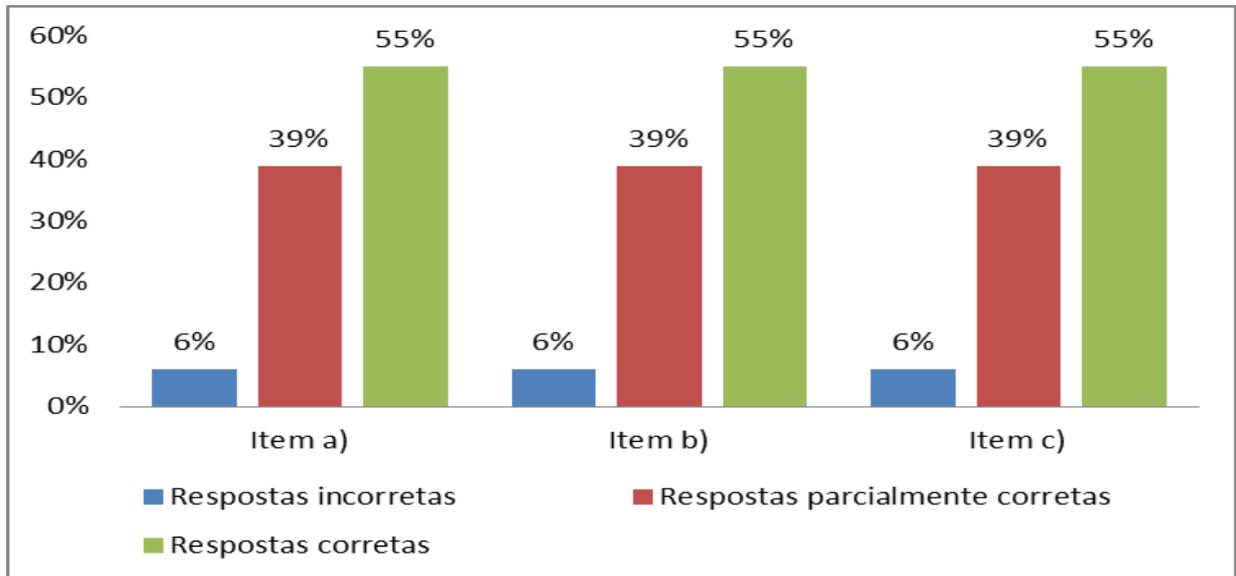


Figura 16: Porcentagem de respostas corretas e incorretas, por item, da segunda questão do estudo dirigido 1 (ED1).

Abaixo temos uma digitalização feita a partir do estudo dirigido de um aluno que acertou todos os itens.

2) A partir de algumas substâncias, apresente os constituintes e os átomos que formam esses constituintes na tabela abaixo:

Substância	Constituinte	átomos
Gás oxigênio	O_2	2 átomos de oxigênio
Gás carbônico	CO_2	1 átomo de carbono e 2 de oxigênio
Água destilada	H_2O	2 átomos de hidrogênio e 1 de oxigênio

Nessa atividade tivemos a maioria de respostas consideradas corretas, mas também obtivemos grande porcentagem de respostas consideradas parcialmente corretas. Isso se deu porque esses alunos não colocaram a quantidade de átomos que formariam cada constituinte, apenas o nome desses átomos. Como a questão não especificou que era necessário colocar a quantidade de átomos, as respostas deveriam ser consideradas corretas, mas para haver diferenciação, optou-se por classificá-las como parcialmente corretas.

Por último, apresentaremos o gráfico com a porcentagem de respostas consideradas corretas e incorretas para a terceira questão, que objetivava avaliar se o aluno sabia identificar os usos corretos e incorretos para o termo “elemento

químico”, a partir de trechos retirados de livros didáticos. Assim como na primeira questão, para essa questão não existem acertos parciais, pois ou no aluno acerta, ou o aluno erra.

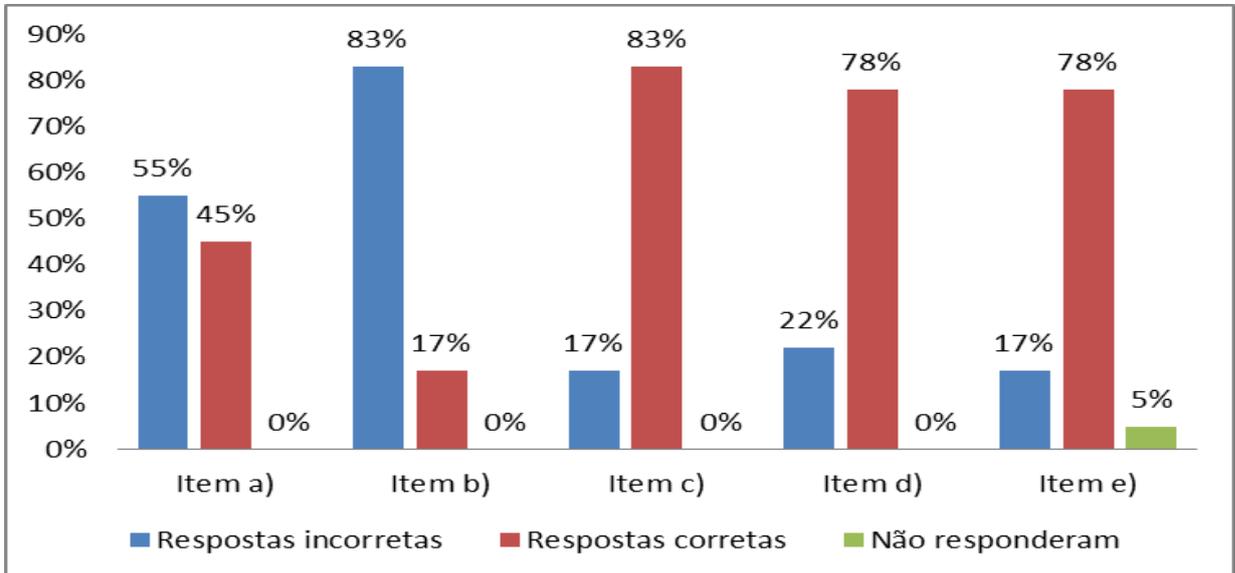


Figura 17: Porcentagem de respostas corretas e incorretas, por item, da terceira questão do estudo dirigido 1 (ED1).

Abaixo temos uma digitalização feita a partir do estudo dirigido de um aluno que acertou a maior parte dos itens, uma vez que nenhum aluno acertou todos os itens.

3) Analise as frases abaixo e verifique se o uso do termo elemento químico está de acordo com a definição atualmente aceita para o termo. Nos casos em que o uso estiver errado, indique se o termo foi usado como substância ou como átomo.

a) "Trata-se de um metal que possui pouca utilidade prática quando puro. Mas, misturado com determinados **elementos químicos** como carbono, manganês, cromo, níquel, vanádio, molibdênio ou titânio, obtêm-se ligas com propriedades extremamente úteis, que fazem do ferro o metal mais empregado pela nossa civilização" (CANTO, 2010, p. 75). *Trata-se de uma liga simples, pois elemento está sendo usado como substância.*

b) "Na crosta terrestre, o ferro só é encontrado combinado com outros **elementos**" (CANTO, 2004, p. 75). *Novamente errado, sendo mais uma vez tratado como substância.*

c) "Os cientistas do século XIX rapidamente perceberam como os **elementos químicos** apresentam propriedades muito variadas" (PERUZO e CANTO, 2004, p. 114). *Está sendo usado como substância.*

d) "A partir de 1940, começaram a ser obtidos, artificialmente, **elementos** com números atômicos maiores que 92 [...]" (MORTIMER, 2011, p. 155). *Errado, sendo confundido com átomo.*

e) "Afim, os vegetais são constituídos de substâncias formadas por átomos de vários **elementos químicos** retirados do solo" (SANTOS, MGL, 2010, p. 214). *Errado.*

Com a análise das porcentagens de respostas corretas e incorretas, podemos verificar grandes porcentagens de acerto, mesmo que anteriormente, os alunos tenham tido dificuldade em apresentar a moderna conceituação para elemento químico. Talvez os alunos ainda não saibam conceituar o termo, mas já conseguem reconhecer quando os usos estão indevidos ou não, passo este considerado fundamental para que se entenda o significado atual para o conceito. No item b) obtivemos uma grande porcentagem de respostas incorretas, destoando dos outros itens, e uma possível explicação para isso se encontra na frase "Na crosta terrestre, o ferro só é encontrado com outros **elementos**". Ao tratar sobre a crosta terrestre, a frase pode ter confundido os alunos, pois acharam que o ferro na forma de substância simples se encontra na crosta, conforme veremos nos resultados adiante. Como esse estudo dirigido foi feito antes de se explicar a forma de obtenção dos metais, os resultados não são alarmantes, mas eles nos mostram que precisamos refazer a atividade em uma segunda parte do trabalho, de modo a diminuir tais erros.

6.3 – Os metais

Nessa unidade tivemos como objetivo conhecer algumas propriedades relacionadas aos metais, entender como são obtidos, reações químicas típicas, diferenciar as propriedades das substâncias e dos átomos e apresentar a tabela periódica como instrumento de consulta de tais propriedades. Ainda nessa unidade, faremos algumas sugestões de atividades extras que constarão no módulo didático.

No início das atividades presentes na unidade, apresentamos aos alunos algumas amostras de metais que seriam trabalhados ao longo do projeto (ferro, cobre, zinco e alumínio) e em seguida, foi perguntado para os estudantes de onde vinham esses metais. Em seguida foram apresentados algumas amostras de minérios (hematita, malaquita, hemimorfita e bauxita) para apresentar a ideia da reação química feita nos minérios para obtenção dos metais na forma de substâncias simples. Por último, a pergunta inicial foi refeita, mas especificamente para o ferro (com base na equação de obtenção do ferro a partir da hematita e do conceito de reação química, explique como é possível obter o ferro na forma de substância simples). Optou-se por especificar a pergunta para o ferro para facilitar, mas compreende-se que uma melhor opção seria apresentar todas as equações de obtenção dos metais apresentados (ferro, cobre zinco e alumínio) e perguntar de forma geral. Modificação esta que constará no módulo didático.

Vejamos então como se deu a resposta dos alunos antes e depois da atividade proposta.

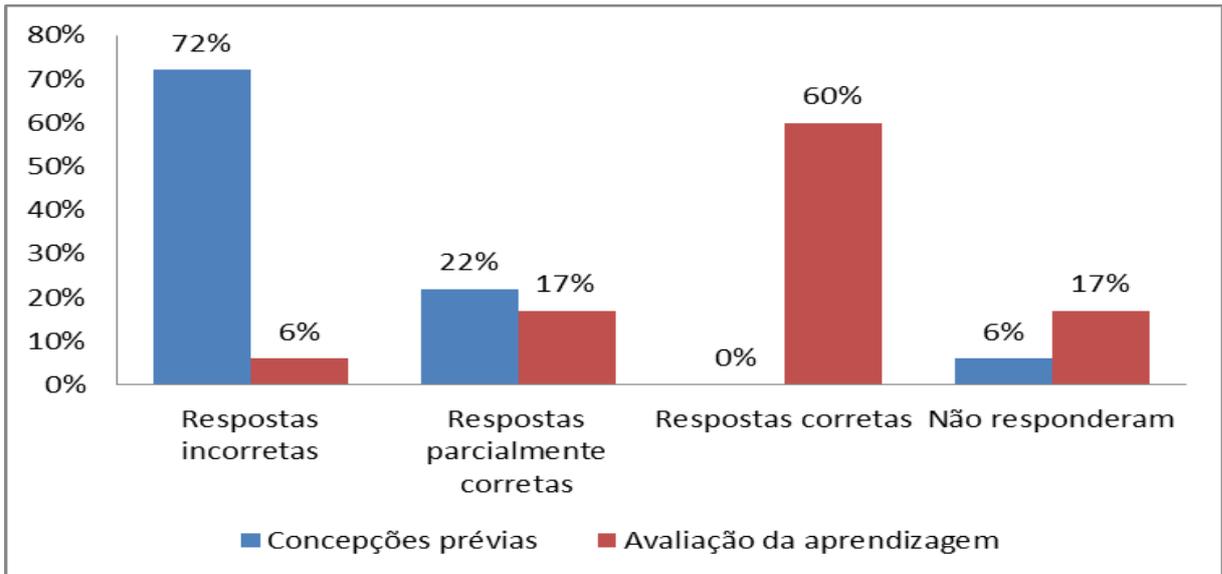


Figura 18: Respostas dos alunos, sobre a origem dos metais, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Os metais que foram apresentados são retirados de jazidas metálicas, encontradas no interior da crosta.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Para obter-se o ferro na forma de substância simples, é necessário que o mesmo (*sic*) passe por uma reação química, a qual através (*sic*) de processos torna o minério de ferro (substância composta) em ferro (substância simples).

A resposta apresentada não está muito bem escrita, mas apresenta bem a noção de reação química para transformar uma substância composta (o minério) em uma substância simples (o ferro) e rompe com a ideia prévia de que os metais são retirados na forma de substância simples de jazidas.

Com a análise dos resultados, temos algo bastante interessante, pois a maioria dos estudantes, durante o levantamento das concepções prévias, não tinha ideia de onde vem os metais, mesmo sendo algo que todos conhecem. Porém, após a aplicação da atividade, durante a avaliação da aprendizagem, foi possível verificar um grande aumento na porcentagem de respostas consideradas corretas. Conseqüentemente, podemos concluir que a contraposição de amostras de metais com seus minérios, junto com a contraposição do conceito de substância simples

com o conceito de substâncias compostas é um meio eficaz para levar o aluno à aprendizagem sobre a origem dos metais.

Serão apresentadas agora as respostas das atividades que tratam de cada metal específico (ferro, cobre, zinco e alumínio).

6.3.1 – FERRO

A primeira atividade relacionada com o metal ferro foi o preenchimento de uma tabela, em que os alunos ao olharem como o ferro aparece na tabela periódica, poderiam definir se a propriedade apresentada se refere à substância simples ferro ou ao átomo de ferro.

Vejamos então qual foi a porcentagem de respostas totalmente corretas, parcialmente corretas e incorretas da atividade descrita.

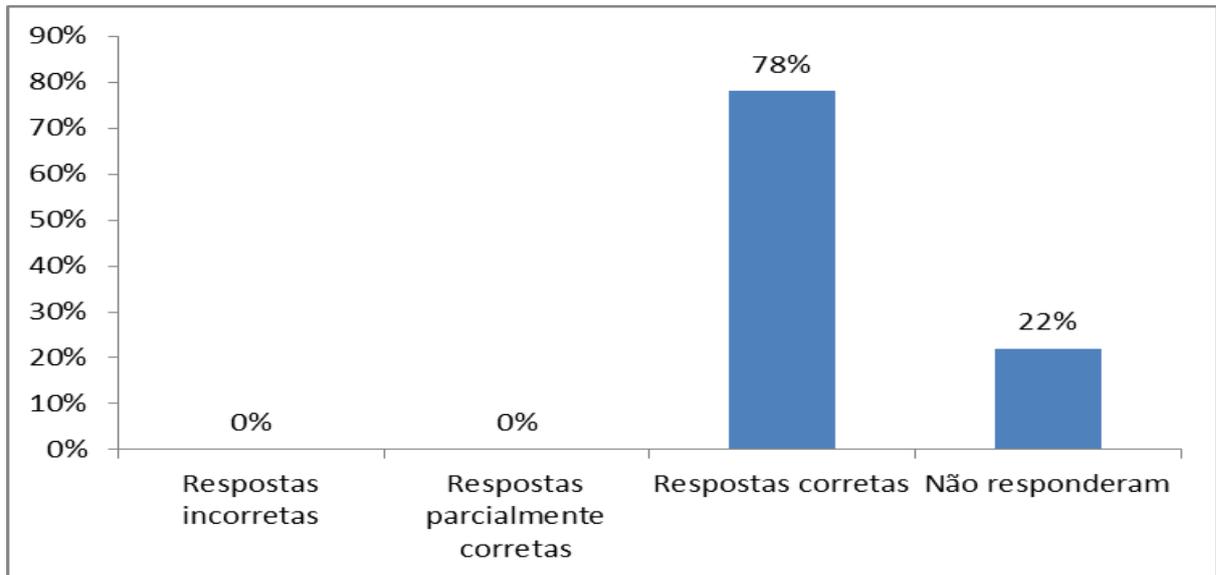


Figura 19: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referente à identificação das propriedades da tabela periódica da substância simples ferro ou do átomo de ferro.

A imagem de um caderno com a tabela, preenchida por um aluno, que foi considerada correta aparece abaixo.

Propriedades referentes a subs. simples	Propriedades referentes ao átomo de ferro
Ponto de Fusão	Nº ATÔMICO
Ponto de Ebulição	E. OXIDAÇÃO
Densidade	MASSA ATÔMICA
Estado Físico	Configuração eletrônica

Vemos então, com a alta porcentagem de respostas consideradas corretas, que se o aluno souber o que significa cada propriedade, fica fácil para ele dizer se essa propriedade se refere à substância simples ou ao átomo.

No caso do presente projeto, essa atividade só foi realizada com o ferro, pois se trata de uma atividade que pode levar algum tempo e durante a execução do projeto, houve problemas de falta de tempo. Caso o professor queria explorar mais essa questão das propriedades presentes na tabela periódica, serão propostas algumas atividades envolvendo a identificação de propriedades dos outros metais trabalhados (cobre, zinco e alumínio) no módulo didático.

6.3.1.1 – Corrosão do ferro

A segunda atividade realizada sobre o ferro consistiu em mergulhar dois pregos de ferro em um copo com água, sendo que um dos pregos está pintado (exceto na ponta), verificando assim o que acontece depois de um dia. Nesse experimento procurou-se trabalhar a ideia de reações químicas e a necessidade de se proteger o ferro da corrosão, considerando o valor agregado pelos objetos feitos desse metal. Sendo assim, foi perguntado para os alunos se eles sabiam como

impedir que os portões das casas enferrujassem. Após a atividade foi pedido para que os estudantes respondessem a mesma pergunta de novo. Abaixo estão os resultados.

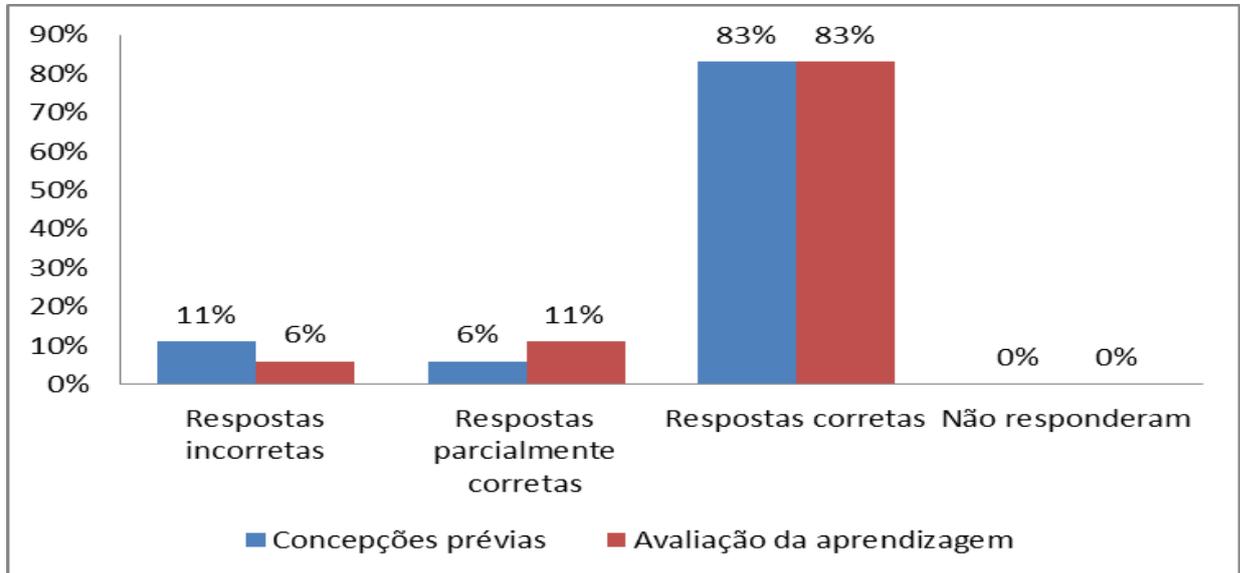


Figura 20: Respostas dos alunos, sobre a corrosão do ferro, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Tentando impedir que eles fiquem úmidos.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Pintando o portão, isolando dessa forma o ferro do contato com o oxigênio e a água.

Percebemos por esses resultados que o aluno melhorou sua resposta, pois na sua concepção prévia ele mencionou a necessidade de se impedir o portão de ficar úmido, mas não mencionou como, após a atividade ele mencionou a pintura como forma de impedir o ferro de entrar em contato com a água.

Em seguida, foi perguntado o que aconteceria com um carro se parte da tinta fosse retirada e não fosse repostada. Com essa pergunta, objetivava-se saber se o aluno entende que a ferrugem é uma reação química que precisa de contato do ferro com o oxigênio e o vapor de água presente no ar. Abaixo está o resultado obtido.

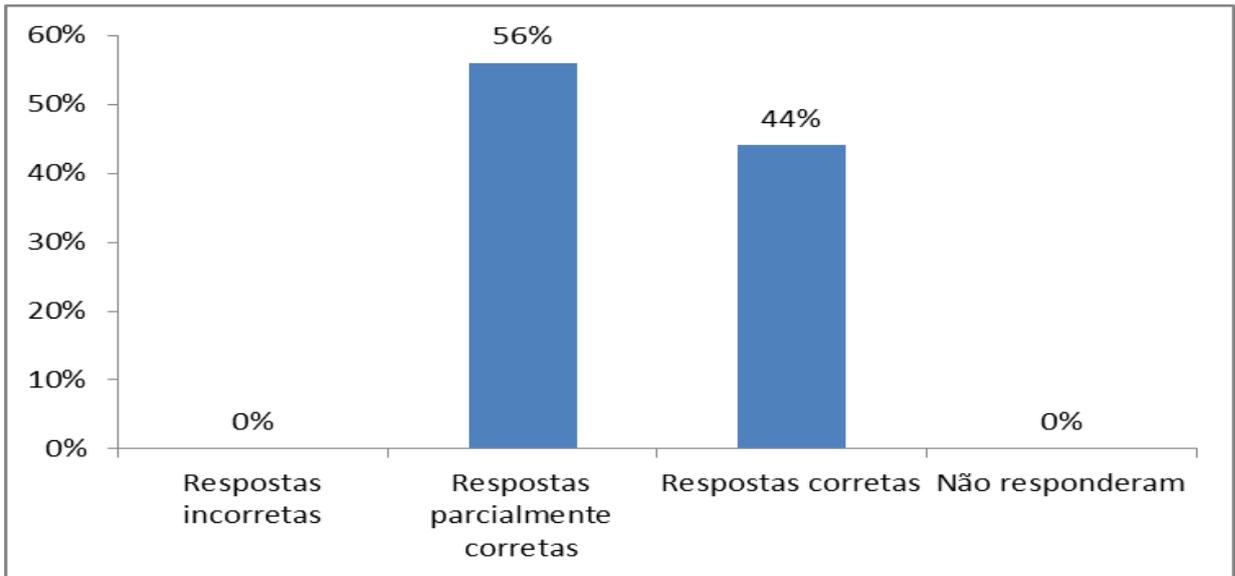


Figura 21: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta sobre as condições para ocorrência da ferrugem.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

A parte que ficou sem tinta vai enferrujar e com o tempo o carro todo vai estar enferrujado, porque a tinta protege contra o oxigênio e a água e sem ela o carro fica totalmente exposto e assim ele enferruja.

Os resultados apresentados mostram que os alunos entenderam bem sobre os fatores determinantes para ocorrência ou não da ferrugem. No entanto, observou-se que essa pergunta pouco tem relação com o tema do presente trabalho que são as substâncias, os átomos e os elementos químicos e como eles aparecem na tabela periódica. Sendo assim, será feita uma mudança no módulo didático, em que se perguntará se as substâncias de ferro antes e depois da reação de corrosão são simples ou compostas e se pedirá para que eles justifiquem a resposta.

6.3.1.2 – Reatividade do ferro

A terceira atividade sobre o ferro consistiu em pegar uma amostra de palha de aço e uma de magnésio, expor ambas as amostras a uma chama e verificar o que acontece. Assim, procurou-se trabalhar a questão da reatividade dos metais e como tal reatividade está relacionada com a posição da substância na tabela periódica. Para essa atividade foi perguntado para o aluno o que ele entende pelo termo “cal”

antes e depois da atividade proposta. Com essa pergunta esperava-se que o aluno pudesse compreender o significado histórico desse termo, mostrar que os metais também podem ser queimados (calcinados) e que a velocidade com que o metal é calcinado determina a reatividade desse metal. Abaixo estão os resultados.

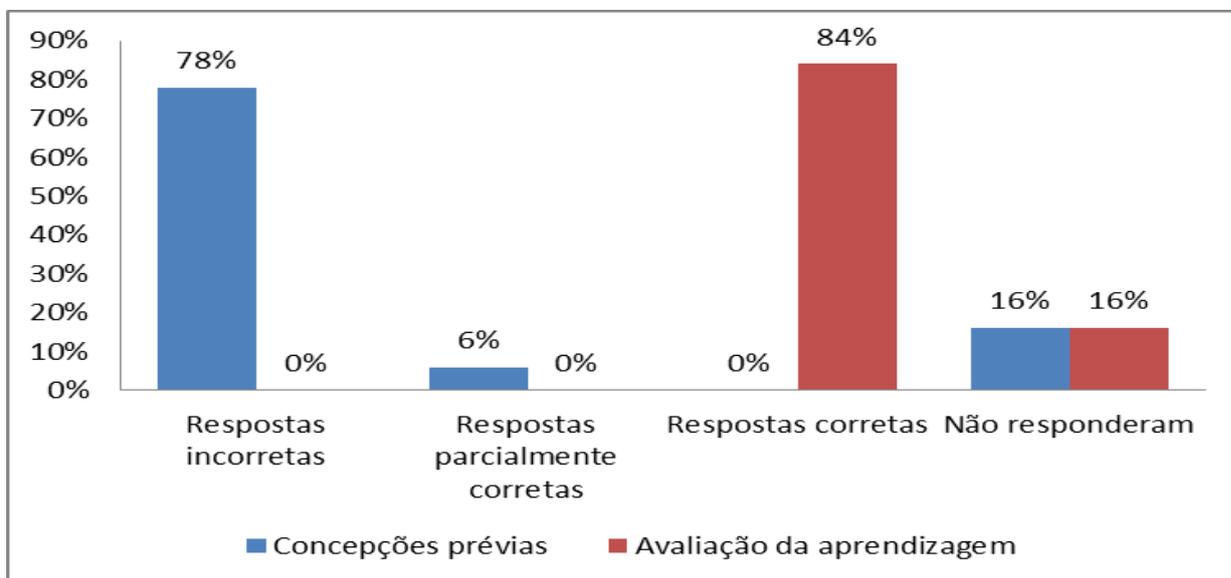


Figura 22: Respostas dos alunos, sobre o significado do termo “cal”, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Pó branco usado em várias coisas, como marcar campo de futebol, pintar calçadas, etc.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Na alquimia o termo ‘cal’ vem da calcinação, era usado quando queimavam metais, que faziam uma luz, como o magnésio.

Com essas respostas, o aluno demonstrou a ampliação conceitual típica para o termo “cal”, pois em princípio apresentou a concepção cotidiana, e em seguida apresentou o significado adotado pela Química para o termo “cal”, trazendo ainda a questão histórica sobre o significado do termo.

Analisando ainda o gráfico de porcentagem das respostas, verificamos que durante o levantamento das concepções prévias a maioria dos alunos apresentou uma ideia de que cal é um pó branco usado na construção. Após a aplicação da atividade e avaliação da aprendizagem, verificou-se que os alunos incorporaram a

ideia de reação do metal com o oxigênio, por meio da queima (ou calcinação) para produzir uma substância chamada cal. Uma mudança possível de ser feita é perguntar o que é cal, ao invés de perguntar o que o aluno entende por cal, pois do jeito que a pergunta foi feita abre margem para argumentação de que se pediu a opinião do aluno, logo não há respostas corretas ou incorretas.

Em seguida, foi perguntado para os alunos qual seria o metal mais reativo, potássio ou cobre. Suas respostas deveriam ser dadas com base na reação de calcinação do ferro e do magnésio e das posições dos quatro metais (ferro e magnésio, cobre e potássio) na tabela periódica. Com essa atividade esperava-se que o aluno aprendesse a consultar a tabela periódica no que se refere a reatividade dos metais, pois de forma geral, os metais mais reativos estão à esquerda da tabela periódica. Os resultados estão apresentados abaixo.

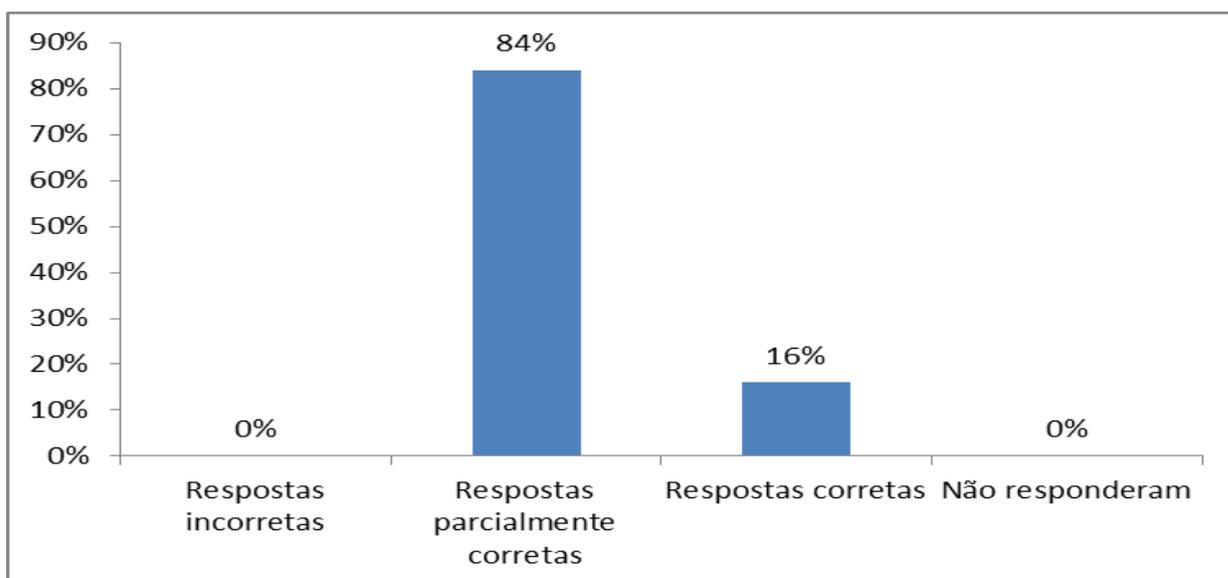


Figura 23: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta sobre a reatividade dos metais.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

O potássio, pois está do lado esquerdo da tabela periódica.

A resposta do aluno foi bem direta e deixou bem claro que ele entendeu que as substâncias à esquerda da tabela periódica são as mais reativas. Analisando os resultados para essa atividade verificamos que a maioria das respostas foi considerada parcialmente correta e não totalmente. Isso se deu porque esses estudantes apenas responderam que o potássio era o mais reativo, sem justificar. Como o mais importante é saber se o aluno entende porque ele deu tal resposta,

ficamos sem saber se ele de fato sabe por que o potássio é mais reativo. Por outro lado, nenhum aluno respondeu que o cobre é mais reativo, o que nos indica que eles não justificaram porque não foi solicitado que eles assim fizessem. Para resolver esse problema, será feita uma modificação no módulo didático pedindo para os estudantes justificarem sua resposta.

6.3.1.3 – Imantação do ferro

A quarta atividade sobre o ferro consistiu em pegar uma chave de fenda de aço e aproximá-la de clips metálicos, mostrando que a ferramenta não atrai os clips. Em seguida, atrita-se a chave de fenda com um ímã, sempre em uma direção e repete-se o procedimento de aproximar a chave de fenda dos clips, mostrando que os clips são atraídos. Em seguida, atrita-se a chave de fenda com o ímã invertido e na direção oposta do primeiro processo. Verifica-se então que a chave de fenda não atrai mais os clips. Com esse experimento procurou-se trabalhar a questão do *spin* dos elétrons e sua distribuição eletrônica, e de como essa distribuição eletrônica é encontrada na tabela periódica. Assim, podemos entender porque alguns metais são atraídos por ímãs e outros não.

Nesse experimento ocorreu um problema, pois foi pedido para um grupo de estudantes para eles apresentarem suas concepções sobre como são obtidos os ímãs. No entanto, durante a aplicação da atividade, verificou-se que o experimento em questão não responde a essa pergunta, pois os ímãs permanentes não são obtidos por magnetização por atrito, pois essa magnetização dura pouco tempo. Os ímãs permanentes são feitos de ligas específicas que são submetidas a fortes campos magnéticos, fazendo a chamada indução magnética, processo este que produz ímãs muito mais duradouros.

Esse erro só foi verificado quando o projeto estava sendo aplicado para um segundo grupo de alunos, de modo que foi feita a inclusão de uma pergunta que pedia para o estudante explicar o funcionamento dos ímãs, antes e depois da atividade proposta, em substituição da pergunta anterior.

Dessa forma a amostragem caiu de dezoito (18) alunos para nove (9) alunos que de fato se possa analisar as respostas. O gráfico, a seguir, nos mostra qual foi a porcentagem de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas e incorretas.

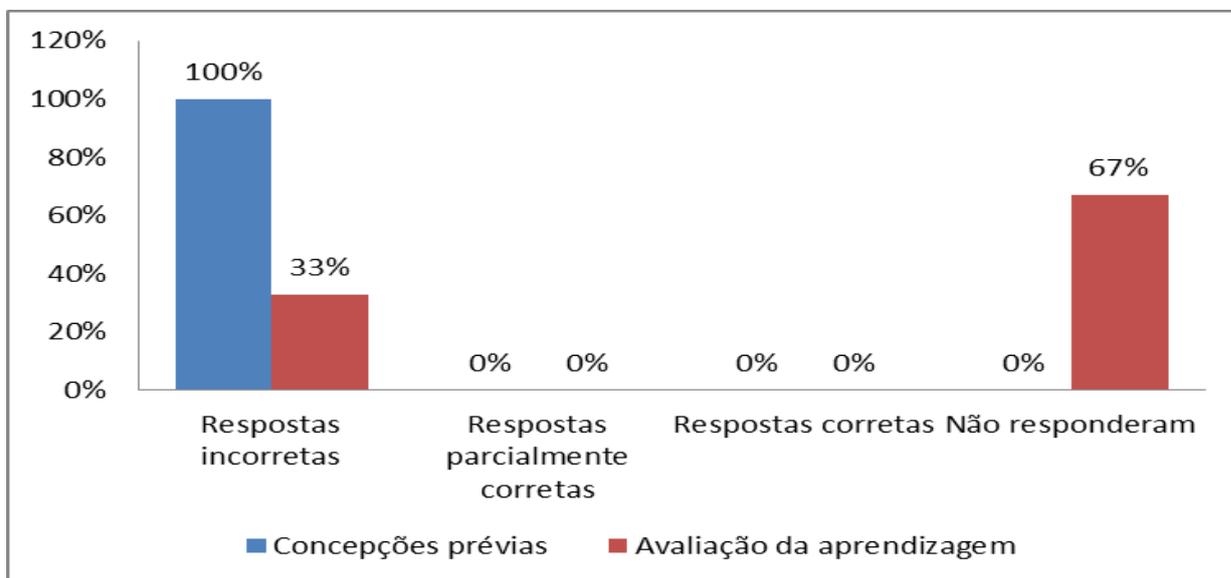


Figura 24: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre o funcionamento dos ímãs, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Como não houve nenhuma resposta considerada parcialmente ou totalmente correta, apresentaremos uma resposta considerada incorreta.

Os ímãs são atraídos através da magnetização e por alinhamento de elétrons de um metal, principalmente o ferro.

Essa resposta não está correta, pois o aluno se referiu a um alinhamento dos elétrons de um metal, o que é um erro, pois metais não tem elétrons, os átomos que formam os constituintes dos metais tem elétrons. Além disso, o estudante afirmou que ocorre um alinhamento dos elétrons e o que ocorre na verdade é um alinhamento dos campos magnéticos produzidos pelos elétrons desemparelhados do átomo de ferro. O interessante é que todas as repostas, levantadas nas concepções prévias falaram em cargas opostas como explicação para o magnetismo. Isso aconteceu, provavelmente, porque a ideia de cargas opostas se atraírem é algo que os estudantes já estudaram exaustivamente, de modo que eles extrapolaram esse conhecimento para os ímãs.

Podemos então verificar com esses resultados que a atividade falhou em levar os alunos a aprendizagem sobre o que explica o magnetismo. Uma possível explicação para essa falha seria a complexidade do assunto, pois para explicar o magnetismo, é necessário falar sobre distribuição eletrônica, um assunto que apresenta muito resistência para ser aprendido pelos alunos. Para discutir o assunto da distribuição eletrônica de forma completa e tentar romper as barreiras colocadas pelos alunos, seria necessário maior tempo dedicado para esse assunto. O presente trabalho, devido ao grande número de atividades diferentes, não se dispôs desse tempo, de modo que a atividade não pôde ser trabalhada com mais profundidade. Além disso, é necessário se considerar que a atividade apresenta dois fenômenos com causas diferentes para serem discutidos. O primeiro fenômeno é o porquê de alguns metais serem atraídos por ímãs, como o ferro (paramagnético) e outros não, como cobre e zinco (diamagnéticos). O segundo fenômeno se refere a possibilidade de se transformar o ferro em ímã por atrito com um ímã permanente, fenômeno este que não ocorre com o cobre por exemplo.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os alunos se todo metal poderia ser transformado em ímã. Objetivava-se então verificar se os estudantes incorporaram a ideia de que para que um metal seja paramagnético (atraído por ímãs) é necessário que haja elétrons desemparelhados. Os resultados dessa atividade se encontram abaixo.

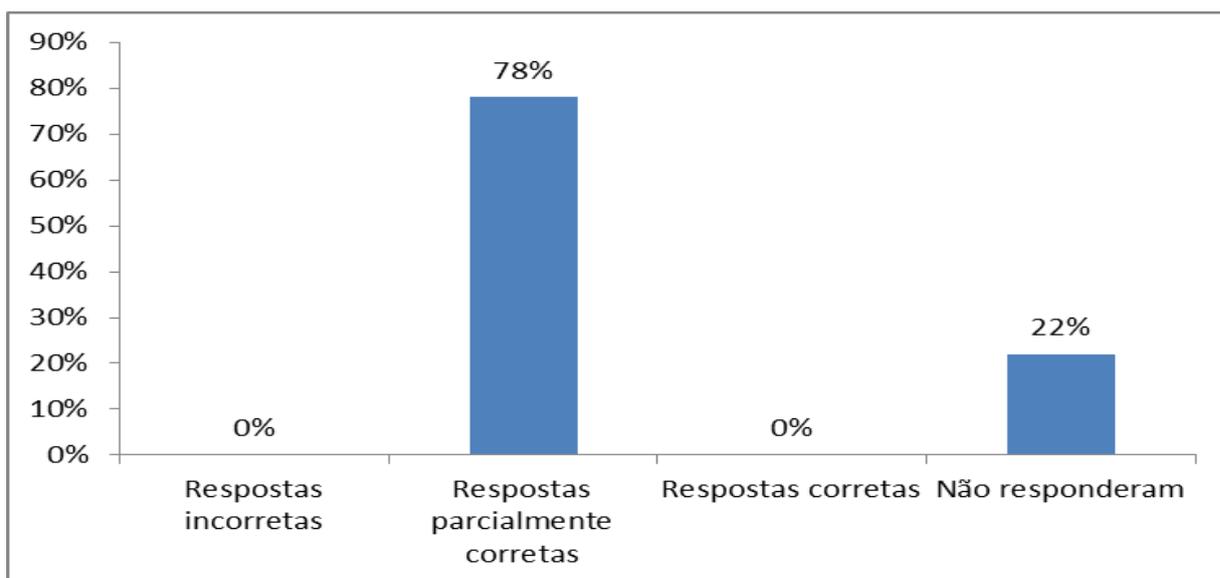


Figura 25: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta que trata das condições para que um metal seja imantado.

Nesta atividade não houve nenhuma resposta considerada correta, então apresentaremos uma resposta considerada parcialmente correta.

Nem todo metal pode ser transformado em imã, só os paramagnéticos.

Essa resposta representa bem todas as respostas apresentadas pelos alunos, dizendo apenas que, somente os metais paramagnéticos podem ser transformados em imãs, sem uma justificativa. Esse resultado então nos mostra que precisamos alterar a pergunta que deve ser feita para os alunos. Será feita uma alteração no módulo didático em que se peça para que o aluno consulte a distribuição eletrônica de alguns átomos na tabela periódica e então diga se os metais cujos constituintes são formados por esses átomos são paramagnéticos ou diamagnéticos e então conclua se ele pode ser imantado ou não.

6.3.2 – COBRE

6.3.2.1 – Formação do azinhavre

A primeira atividade relacionada com o metal cobre consistiu em colocar um pedaço de cobre dentro de um recipiente com vinagre e depois de uma semana verificar o que aconteceu. Assim, podemos apresentar outras formas de oxidação metálica, além da ferrugem do ferro, discutimos sobre a segurança da prática, ainda comum, de se cozinhar em tachos de cobre e ainda trabalhamos os indícios de ocorrência de uma reação química. Para esse experimento, foi perguntado para os alunos se era seguro cozinhar em panelas de cobre, antes da aplicação da atividade e após a aplicação da atividade. Os resultados aparecem abaixo.

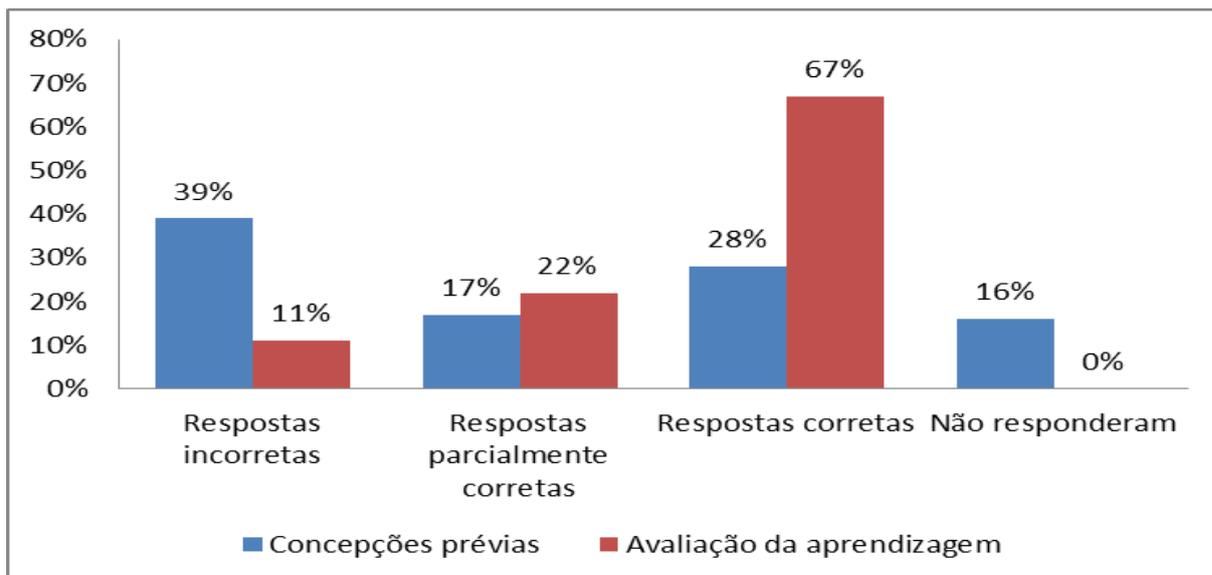


Figura 26: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre a segurança ou não da prática de cozinhar em panelas de cobre, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Creio que não. Porque libera algo para a comida.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Não. Porque o cobre reage quimicamente com o ácido da comida se transformando em um material chamado azinhavre (coisa verde) que é extremamente (*sic*) tóxico.

Vemos então pelas respostas do aluno que ele não sabia bem porque cozinhar em panelas de cobre é prejudicial “libera algo para a comida” e em seguida ele apresentou a ideia de reação química entre o cobre e os ácidos da comida que produz uma substância tóxica, mostrando que o aluno entendeu bem o experimento.

E ainda pela análise das respostas verificamos que uma porcentagem relativamente alta (mais do que um quarto) dos alunos já sabia dos perigos de cozinhar alimentos em panelas de cobre. Porcentagem essa que mais do que dobrou após a realização da atividade proposta, além de ser possível verificar que alguns alunos, que não tinham respondido durante o levantamento das concepções prévias, responderam durante a avaliação da aprendizagem. Isso nos leva a crer que essa atividade é bem efetiva em sensibilizar os alunos quanto à segurança de

práticas que são realizadas por questão de tradição, como por exemplo, a tradição de que doces feitos em panelas de cobre são mais gostosos.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os alunos por que a estátua da liberdade nos Estados Unidos é verde, uma vez que ela é feita de cobre e o cobre é vermelho. Com essa pergunta, objetivava-se levar o aluno a conhecer um indício de ocorrência de uma reação química, nesse caso específico, a mudança de cor. Abaixo estão os resultados.

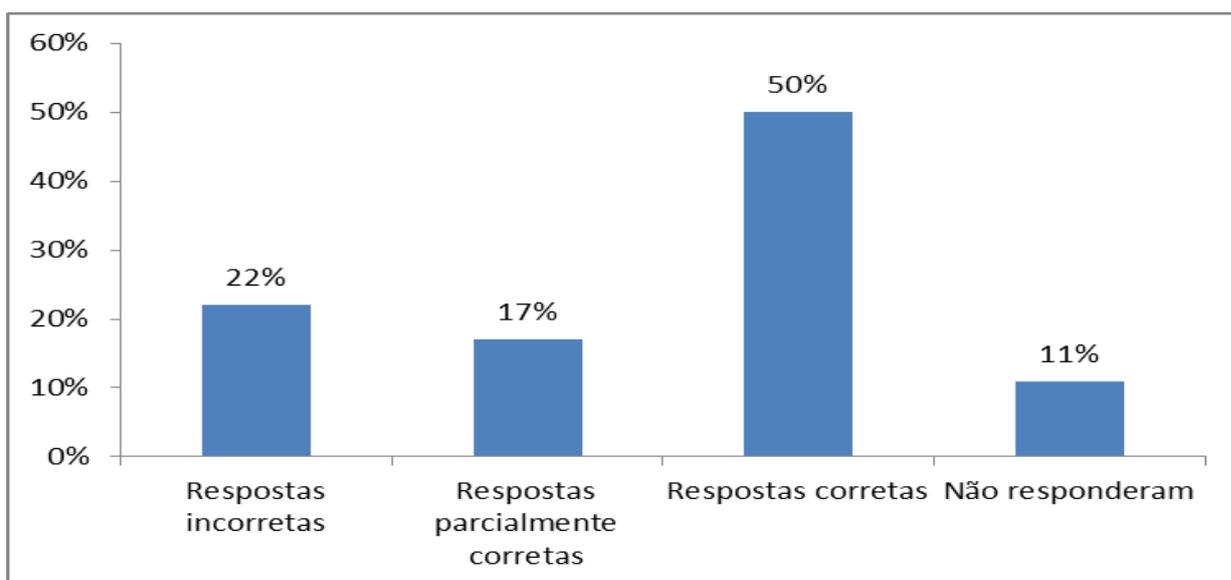


Figura 27: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta que trata dos indícios de ocorrência de uma reação química.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Sua cor verde se deu através de reações químicas produzidas pelo contato do cobre com a chuva que é ácida.

Com essa resposta o aluno mostrou saber que existe uma acidez na chuva e mostrou saber que a mudança de cor se deve à ocorrência de uma reação química. Além disso, analisando as porcentagens de respostas totalmente e parcialmente corretas e respostas incorretas, percebe-se que a metade dos alunos chegou ao entendimento de que a mudança de cor se dá por causa de uma reação química. Por outro lado, significa também que metade dos alunos não chegou a essa conclusão de forma completa, o que nos leva a crer que a ocorrência e os indícios de uma reação química precisam ser mais bem trabalhados em sala de aula.

Para essa atividade relacionada ao cobre, optou-se por focar a questão das reações químicas, porém, após a aplicação do projeto e análise dos resultados, percebeu-se que esse experimento fugiu do tema trabalhado, que era a tabela periódica e propriedades de substâncias e átomos. Com isso, optou-se por modificar a pergunta em que se fala da mudança de cor do cobre da estátua da liberdade. Uma pergunta que seria mais proveitosa dentro do tema do presente projeto seria uma que pedisse para os alunos analisarem o constituinte do azinhavre e indicar quantos átomos existem nesse constituinte, quantos elementos químicos diferentes e se o azinhavre é uma substância simples ou composta, justificando a resposta. Tal mudança será colocada no módulo didático.

6.3.2.2 – Deposição espontânea do cobre

A segunda atividade relacionada ao cobre consistiu em mergulhar um prego de ferro em uma solução de sulfato de cobre e após alguns instantes (5 segundos aproximadamente) retirá-lo e verificar o que aconteceu. Com isso, pode-se abordar a questão da escala de reatividade dos metais, que está vinculada com a energia de ionização dos átomos que formam os constituintes desses metais, informações estas que podem ser obtidas da tabela periódica. Para esse experimento foi perguntado se os alunos sabiam como mudar a cor de um metal sem pintá-lo, antes da atividade proposta e depois. Os resultados aparecem abaixo.

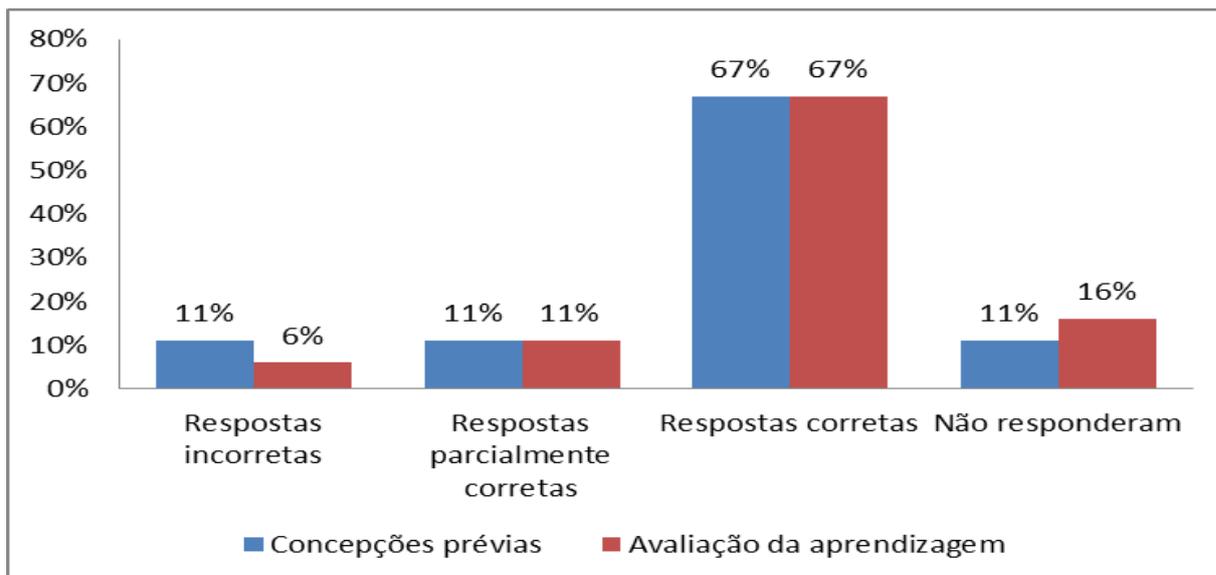


Figura 28: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre o revestimento metálico, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Por meio de uma reação química.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Reação química. Ex: Se pegar sulfato de cobre e colocar um prego dentro, o cobre envolverá o ferro mudando sua cor para uma cor avermelhada, cor de cobre. Isso porque na hierarquia dos metais o cobre é mais nobre que o ferro, com mais tendência a se manter como substância simples. Então quando em contato o ferro substância simples o sulfato de cobre composta trocam o lugar, ferro vira composto e o sulfato de cobre simples.

Verificamos pelas respostas do aluno que ele já sabia como responder a pergunta antes da atividade. No entanto, o mérito da atividade se dá pela riqueza da descrição do aluno em que ele mostra que ficou bem claro para ele a razão de ocorrer a reação química de deposição espontânea, diferenciando corretamente as substâncias simples das compostas.

Analisando as porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos um problema. Durante o levantamento das concepções prévias tivemos um grande número de acertos, pois os alunos responderam que para mudar a cor de um metal sem pintá-lo, basta submetê-lo a uma reação química. Por um lado, esse resultado é bom, pois nos leva a crer que os alunos incorporaram

a ideia de que a mudança de cor é um indício de uma reação química, provavelmente por causa do experimento anterior de formação do azinhavre. Porém, por outro lado, esse resultado nos mostra que essa atividade precisa ser revista, de modo a propor outra pergunta para levantar as concepções prévias dos alunos, uma vez que a atual pergunta pouco acrescenta. A pergunta do jeito que ela foi feita, objetivava lançar um desafio para os alunos no sentido de eles pensarem na questão da mudança de cor. Porém, trata-se de uma pergunta que foge da ideia original da unidade proposta no módulo didático que seria conhecer algumas propriedades dos metais. Falaremos mais sobre as mudanças que serão feitas nessa atividade ao final dela.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os alunos se eles saberiam como proteger um metal da ferrugem com base no experimento realizado. Os resultados estão apresentados abaixo.

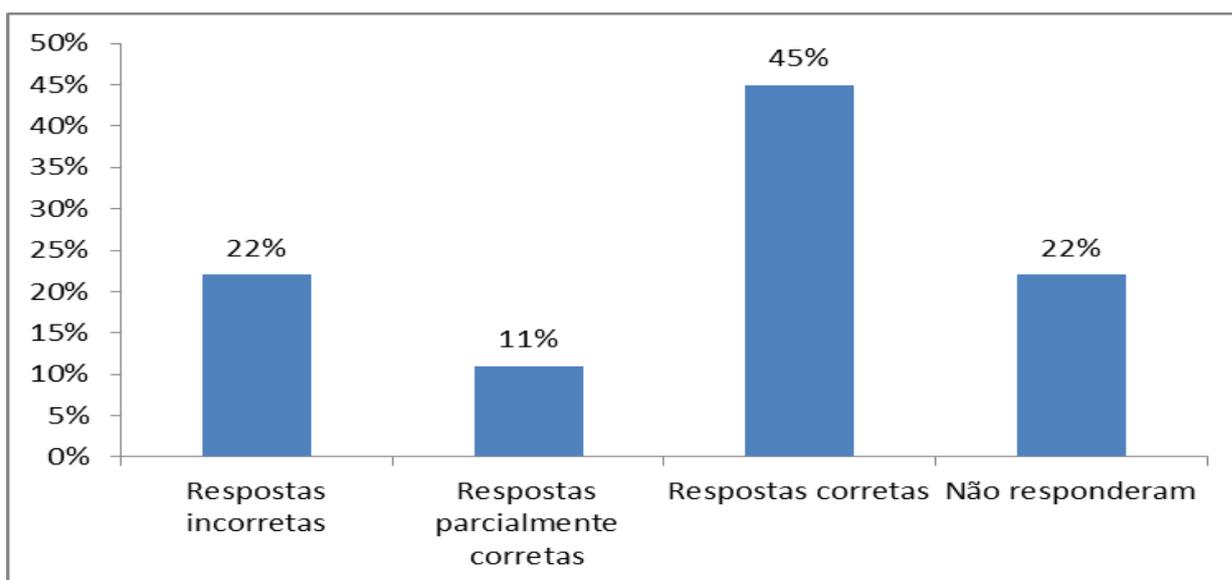


Figura 29: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta que trata do revestimento metálico como forma proteção dos metais contra a ferrugem.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Com uma reação química que irá protegê-lo com um revestimento metálico mais nobre, que tem menos tendência a enferrujar.

Com essa resposta o estudante demonstrou que entendeu como proteger um metal da ferrugem a partir de uma reação química de revestimento.

Com a análise das porcentagens de repostas, verificamos que a maioria acertou, mas também verificamos que a porcentagem de alunos que deixou de

responder a pergunta aumentou, com relação às perguntas feitas anteriormente. Isso provavelmente se deu devido à semelhança entre as duas perguntas, pois em uma pede-se que o estudante fale sobre o revestimento como forma de mudar a cor de um metal e na outra pergunta, pede-se para o estudante falar do uso do revestimento metálico como forma de proteger o metal contra a ferrugem. Para tentar resolver esses problemas, serão propostas algumas alterações na atividade. Como foi dito anteriormente, a primeira mudança se refere à pergunta feita durante o levantamento das concepções prévias dos alunos. Como esse experimento trata de uma técnica bastante comum para proteger metais contra a ferrugem, faremos a pergunta investigando se os estudantes conhecem esse processo de revestimento. Assim, colocaremos a pergunta que foi feita na segunda parte da atividade como forma de levantamento de concepções prévias. Será perguntado ao aluno se ele conhece outra forma de proteger os metais contra a ferrugem que não seja pintando. Com isso, trabalharemos mais uma vez a importância de impedir a ferrugem nos metais e assim, contextualizaremos o experimento. Na segunda pergunta, que trata do tema do projeto, será pedido para que os estudantes consultem a escala de reatividade dos metais (fornecida no módulo didático) e apontem três metais que estão mais à esquerda da tabela periódica (muito reativos) e três metais que estão mais à direita da tabela periódica (pouco reativos em comparação). Será pedido também que os alunos verifiquem a escala de reatividade dos metais e respondam se é possível depositar um metal como o magnésio sobre um metal como o ouro. Essas mudanças constam no módulo didático.

6.3.3 – ZINCO

6.3.3.1 – Metal de sacrifício

A primeira atividade relacionada com o metal zinco consistiu em colocar um prego de ferro em um copo e conectá-lo com ajuda de conectores tipo “jacaré” a

uma placa de zinco e em seguida submergir ambos os metais em água e verificar o que acontece após um dia. Esse experimento trata da questão da reatividade dos metais mais uma vez, em que um metal mais reativo é usado para proteger um metal menos reativo. Para esse experimento foi perguntado se os alunos saberiam como proteger um metal contra a ferrugem quando pintar ou revestir não forem opções (navios, torres de alta tensão e pontes). A pergunta foi feita antes da aplicação da atividade e após a aplicação da atividade. Os resultados aparecem abaixo.

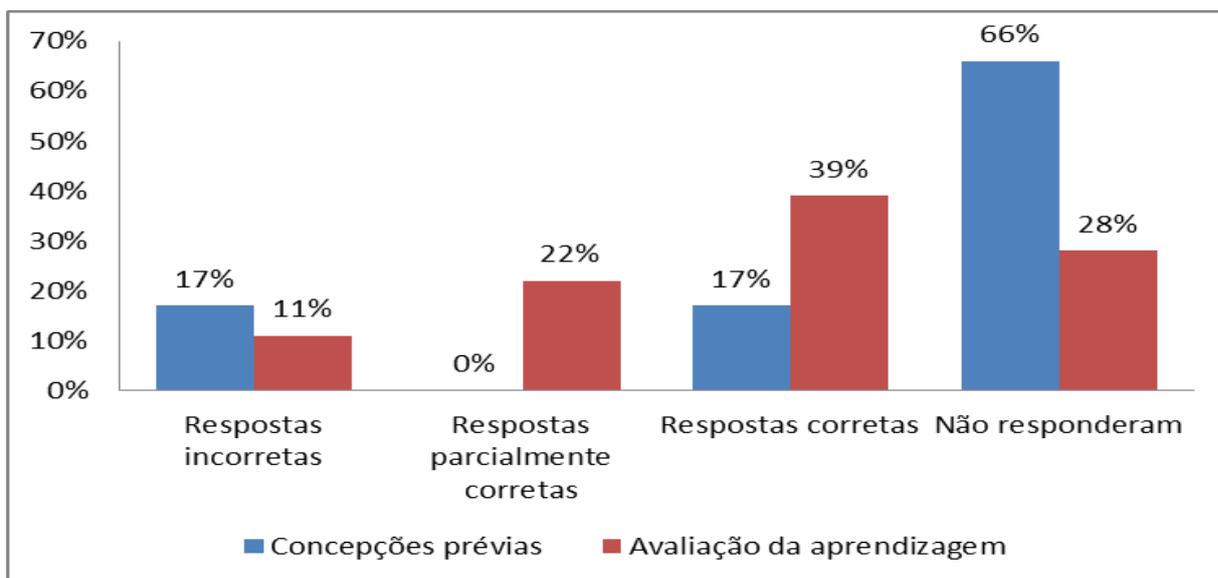


Figura 30: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre a utilização do zinco como metal de sacrifício, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Transformando-o em outra substância antioxidante.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Utilizando um metal menos nobre que irá protegê-lo, doando elétrons aos metais mais nobres, impossibilitando, assim o processo de ferrugem precoce.

Na sua resposta inicial, o estudante mencionou a transformação do metal em outra substância que não oxida, o que poderia ser uma solução, mas aí perderíamos o metal, pois ele se transformou em outra substância. Na sua reelaboração da resposta após a atividade, o aluno explicou bem como acontece o fenômeno

conhecido como metal de sacrifício e ainda explicou que o metal menos nobre (zinco) doa elétrons para o metal mais nobre (ferro). Só o que falta completar é que os átomos de ferro não recebem esses elétrons, o ferro é a região onde ocorre a redução do gás oxigênio.

Com a análise das porcentagens das respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, podemos verificar alguns fatos interessantes. Durante o levantamento das concepções prévias, houve uma grande porcentagem de alunos que não respondeu a pergunta feita. Na verdade, esses alunos não conheciam uma terceira forma de proteger um metal contra a ferrugem, de modo que eles apenas responderam que não sabiam. Assim, precisamos analisar a redução das abstenções antes e após a aplicação da atividade proposta e não a redução das respostas erradas. Fazendo essa análise, verificamos que de fato houve redução na porcentagem das abstenções e aumento na porcentagem de respostas corretas e parcialmente corretas, indicando que a atividade obteve êxito para levar os alunos ao entendimento do processo de metal de sacrifício.

Ainda nessa atividade, foi mostrada para os alunos uma escala de nobreza dos metais e perguntado para eles se é possível proteger o metal ferro usando o cobre. Abaixo estão os resultados.

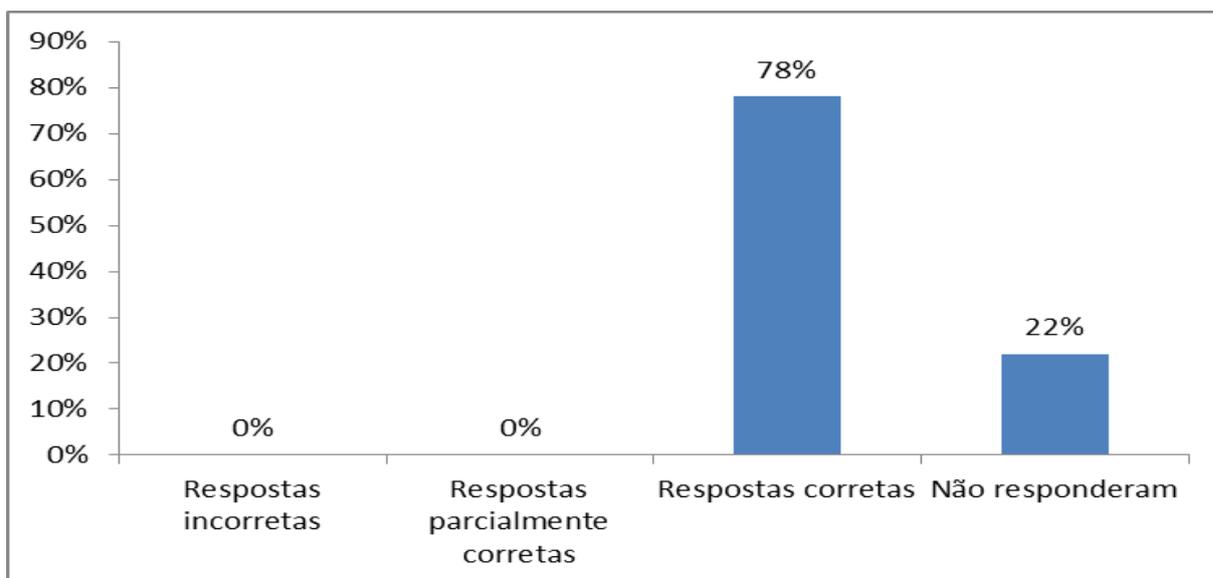


Figura 31: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes à pergunta que trata da possibilidade de se proteger o ferro usando o cobre como metal de sacrifício.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Não se pode proteger o ferro com o cobre, pois o cobre é mais nobre que o ferro, e um metal nobre só pode ser protegido por um metal menos nobre.

Com essa resposta o estudante demonstrou ter entendido como funciona a hierarquia de reatividade dos metais e como essa hierarquia afeta o fenômeno conhecido como “metal de sacrifício”.

Analisando ainda as porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos que os estudantes de fato entenderam a ideia de um metal mais reativo protegendo um metal menos reativo, mostrando que essa atividade obteve êxito. Uma mudança que seria proposta para essa atividade seria pedir para os alunos justificarem suas respostas, para verificar se de fato o aluno entendeu como funciona a escala de reatividade dos metais. Essa mudança consta no módulo didático.

6.3.3.2 – Obtenção do latão

A segunda atividade referente ao metal zinco consistiu em colocar um pouco de pó de zinco em um cadinho de porcelana e cobri-lo com uma solução de hidróxido de sódio. Em seguida coloca-se uma moeda de cobre dentro do cadinho e aquece-o com uma lamparina até a fervura do líquido. Em seguida, retira-se a moeda de dentro do cadinho, lava-a com o auxílio de uma pisseta. Em seguida expõe-se a moeda a chama de uma lamparina por alguns segundos para se observar o que acontece. Com esse experimento, produz-se uma liga metálica dourada conhecida como latão. Com isso, podemos trabalhar com os alunos o conceito de substâncias e materiais. Para esse experimento foi perguntado para os alunos se eles sabiam o que era uma liga metálica, antes e depois da atividade proposta. Os resultados estão abaixo.

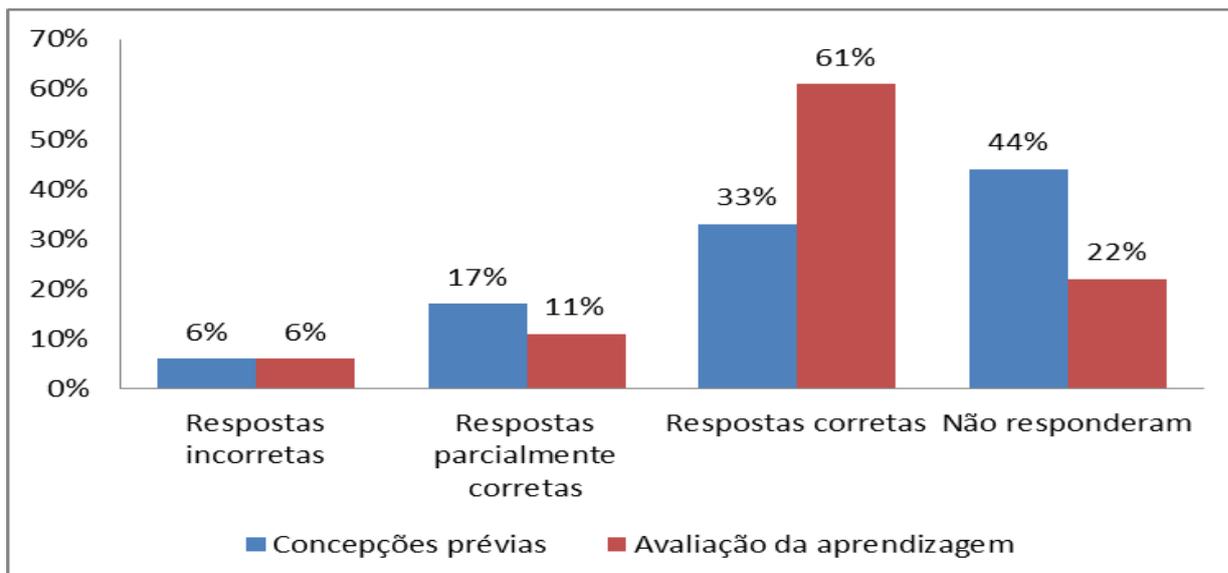


Figura 32: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre o conceito de liga metálica, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Sei não.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

São misturas de metais que se transformam em outro. Ex: Zinco + cobre = latão. Ouro + paládio = ouro branco.

Com a análise das respostas do aluno, verificamos um total êxito, pois em princípio ele não tinha nada a dizer sobre as ligas metálicas e após a atividade, ele explicou bem o que são ligas metálicas e ainda deu exemplos usando os sinais da matemática.

Com relação a análise das porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, mais uma vez precisamos comparar a porcentagem de estudantes que não responderam durante o levantamento das concepções prévias com a porcentagem da avaliação da aprendizagem. Isso porque a porcentagem inicial de estudantes que não fizeram diz respeito a respostas em que o aluno dizia não saber o que eram ligas metálicas. Com isso, vemos que essa porcentagem diminuiu, ao passo que a porcentagens de respostas corretas aumentou, mostrando que essa atividade é eficaz para levar os estudantes ao entendimento do que são ligas metálicas.

Ainda nessa atividade, foi perguntado aos alunos se as ligas metálicas são substâncias ou materiais. Os resultados se encontram abaixo.

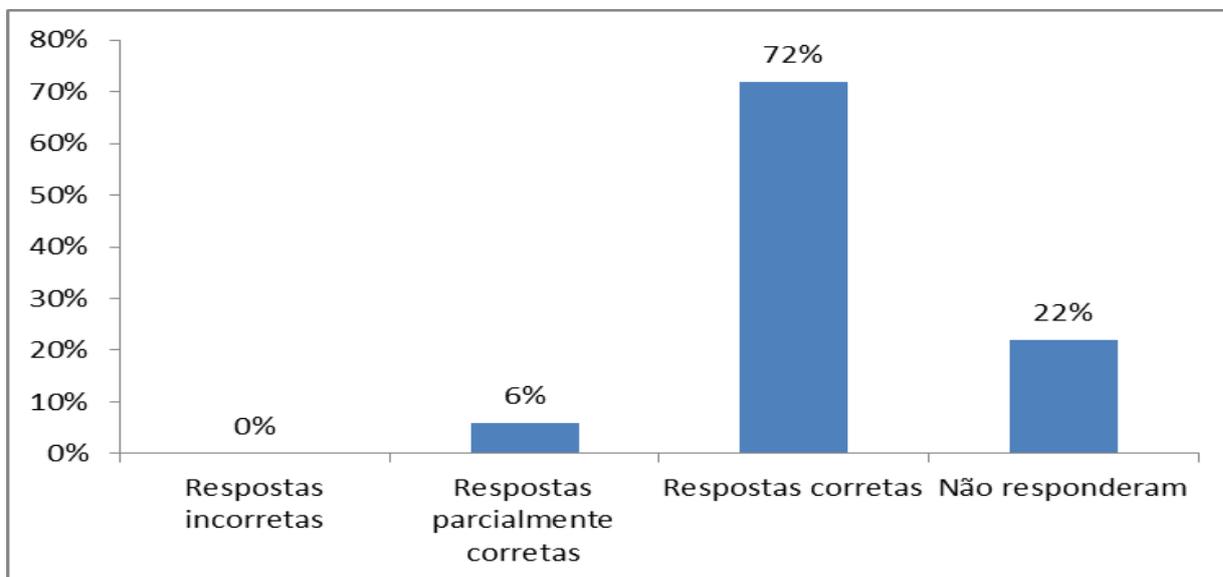


Figura 33: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, referentes ao conceito de “ligas metálicas”.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Material. Pois numa (*sic*) liga metálica, juntam-se dois metais para se originar um outro metal, por isso material, pois no seu processo final, há várias substâncias juntas.

Com essa resposta o estudante demonstrou entender bem o que é uma liga metálica e ainda argumentou de forma correta o porquê de uma liga metálica ser um material.

Analisando as porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos que de fato essa atividade esclarece bem o conceito de ligas metálicas e porque elas são materiais e não substâncias. As ligas metálicas podem ser um bom objeto de estudo para se contrapor substâncias e materiais, justificando porque as ligas metálicas (aço, latão e bronze) não aparecem na tabela periódica. Trabalhando assim a ideia de que a tabela periódica apresenta propriedades de substâncias e átomos de diferentes elementos químicos, e não propriedades dos materiais.

6.3.4 – ALUMÍNIO

6.3.4.1 – Reciclagem do alumínio

A primeira atividade relacionada ao alumínio consistiu em pegar um anel de lata de refrigerante e aquecê-lo com um isqueiro maçarico até o derretimento do metal, em seguida, cessa-se o aquecimento e se verifica a sua solidificação. Assim, podemos trabalhar a ideia de propriedades de substâncias (ponto de fusão e ponto de ebulição, por exemplo) em contraposição com propriedades de átomos (número atômico, potencial de oxidação, por exemplo). E ainda diferenciar processos físicos de reações químicas. Para essa atividade, foi perguntado se os estudantes sabiam como acontece a reciclagem do alumínio, antes e depois da atividade proposta. Com essa pergunta, objetivava-se saber o que os alunos sabiam sobre a reciclagem do alumínio, pois se trata de um dos metais mais comumente utilizados e cujo preço de fabricação a partir da bauxita é extremamente elevado, devido ao grande uso de energia elétrica. Os resultados estão apresentados abaixo.

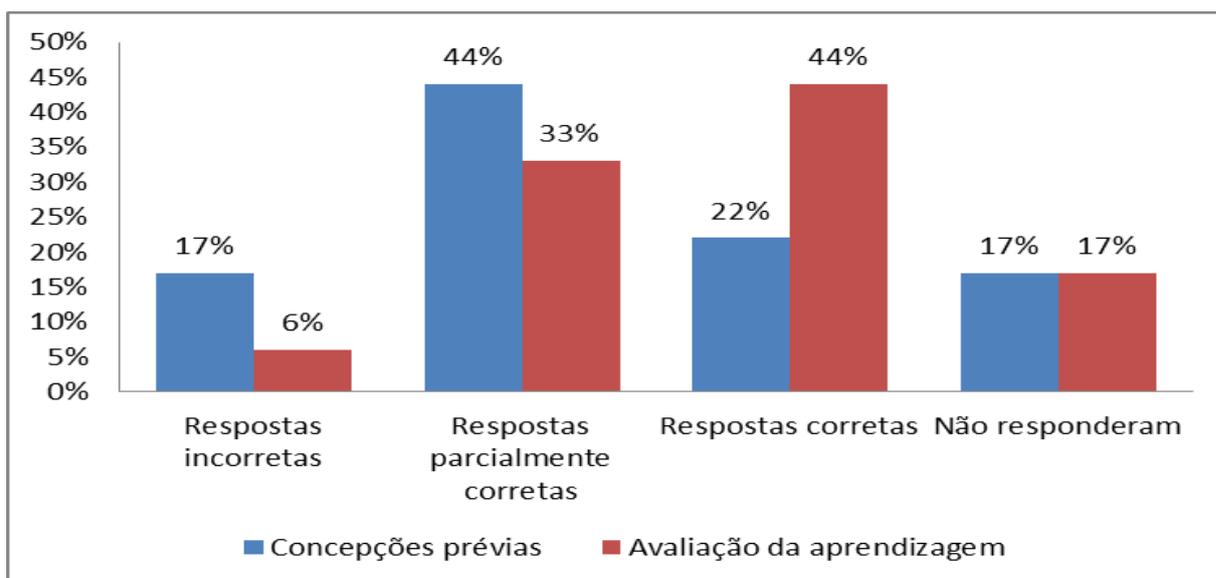


Figura 34: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre como se dá a reciclagem do alumínio, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Após ser separado, o alumínio é submetido à um processo (reação química) que o derrete, possibilitando, então o seu uso.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

Através de seu derretimento (a 660°C) que o dará novas formas e tornar-lo-á (*sic*) novo, sem qualquer microorganismo prejudicial a saúde.

Com essas respostas, o aluno, inicialmente, apresentou a ideia de que o derretimento do alumínio é uma reação química, ideia esta que não aparece mais na reformulação da sua resposta. Assim, ele demonstrou conhecer o ponto de fusão do alumínio, demonstrou ter aprendido como se dá sua reciclagem e ainda demonstrou conhecer sobre a desinfecção necessária para reutilização de materiais e substâncias recicladas.

Analisando as porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, podemos verificar uma grande parcela dos alunos já tinham alguma ideia prévia de como se dava a reciclagem do alumínio. Após a aplicação do projeto, essa porcentagem aumentou ainda mais, mostrando que mais alunos passaram a compreender como de fato se dá a reciclagem do alumínio.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os alunos se a propriedade do alumínio utilizada nesse experimento se referia à substância simples alumínio ou ao átomo de alumínio. Para responder essa pergunta, o estudante deveria saber que propriedade era essa utilizada e depois saber a que ela se referia. Os resultados estão abaixo.

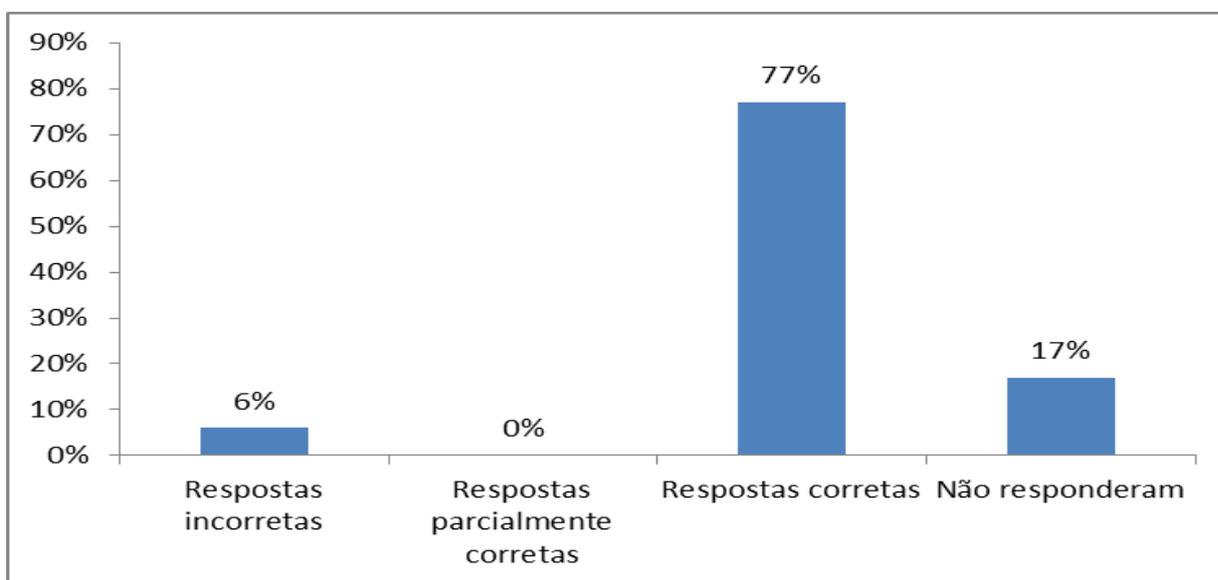


Figura 35: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, sobre o ponto de fusão como propriedade da substância simples ou do átomo.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

A propriedade do alumínio utilizado no experimento se chama 'ponto de fusão', que faz com que o alumínio se derretesse aproximadamente em 660°C , e isso se refere à substância simples.

O aluno respondeu de forma completa qual era a propriedade a qual a pergunta se referia e ainda mostrou entender ser uma propriedade referente à substância simples alumínio.

Com a análise das porcentagens de repostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos que a maioria dos alunos aprendeu a diferenciar as propriedades de átomos das propriedades de substâncias. Com o êxito dessa atividade, podemos acrescentar mais uma solicitação para os alunos, de modo que eles precisem consultar a tabela periódica. Pode-se pedir para eles que procurem na tabela periódica o ponto de fusão e o ponto de ebulição de algumas substâncias presentes na tabela.

6.3.4.2 – Desentupidor de pias

A segunda atividade relacionada ao alumínio consistiu em colocar um pouco do produto comercial para desentupir pias, que contém alumínio e hidróxido de sódio, em um pouco de água e verificar a liberação de bolhas e elevação da temperatura no copo. Assim, pode-se trabalhar mais uma vez a ocorrência e os indícios de uma reação química e diferenciar as substâncias simples de substâncias compostas. Para essa atividade foi perguntado se o estudante sabia como o alumínio ajudava no desentupimento de pias, antes e depois da atividade proposta.

Nessa atividade ocorreu um problema, pois por falta de tempo, a atividade só foi aplicada para metade do grupo de alunos, de forma que os resultados apresentados se referem à produção de nove (9) alunos e não dezoito (18).

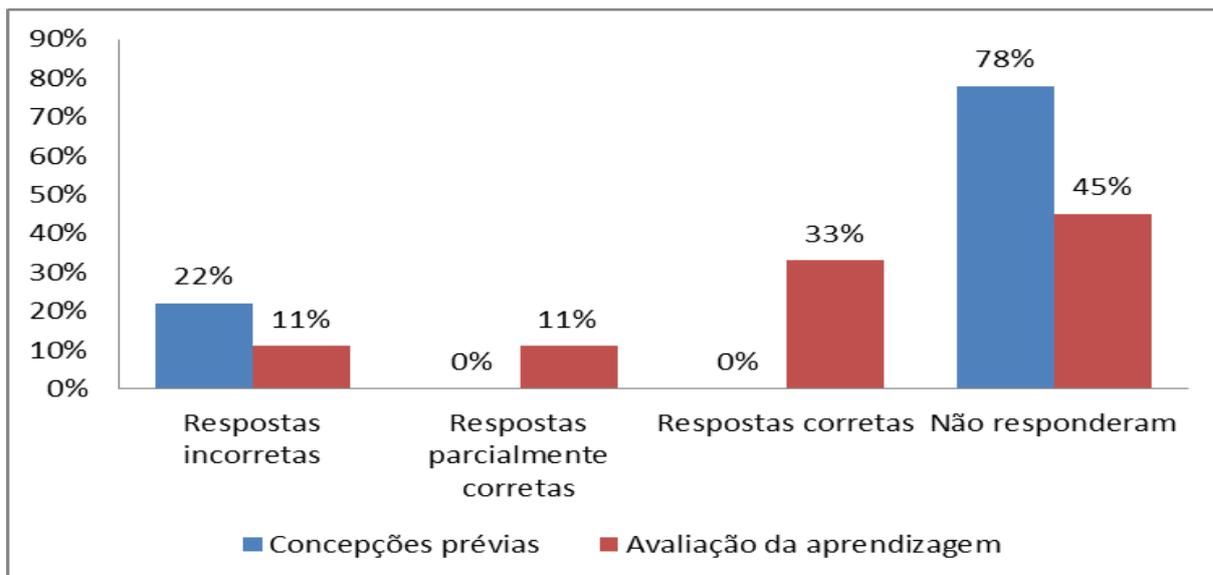


Figura 36: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre como se usa o alumínio para desentupir pias, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

Alguma coisa na sua composição.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta.

Tem um produto comercial que libera bolhas quando em contato com a água. Na sua composição tem soda cáustica e alumínio, que quando juntas, borbulha (*sic*), esquenta e produz gás hidrogênio. O gás quando esquenta e expande (*sic*) empurra todas as impurezas e a soda destrói a gordura.

O estudante demonstrou que não sabia como usar o alumínio para desentupir pias, mas após a atividade, apresentou uma ótima descrição do processo em que o alumínio reage com a soda cáustica, liberando gás hidrogênio e destruindo a gordura.

Com relação a análise da porcentagem de respostas consideradas correta, parcialmente correta e incorretas, verificamos que o problema maior inicial foi o de abstenções e não o de respostas incorretas. Essa porcentagem diminuiu na avaliação da aprendizagem, mas ainda permaneceu expressiva. Essa porcentagem se deve a alunos que faltaram no dia da atividade, diminuindo ainda mais a amostragem. No entanto, analisando a porcentagem inicial e final, de respostas consideradas corretas, temos um bom aumento, indicando que se a atividade for feita com um número maior de alunos, será obtido êxito.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para o aluno se o alumínio presente no produto comercial era uma substância simples ou composta. Para responder essa pergunta, o aluno poderia olhar a equação que representava a reação do alumínio com a soda cáustica. Os resultados estão apresentados abaixo.

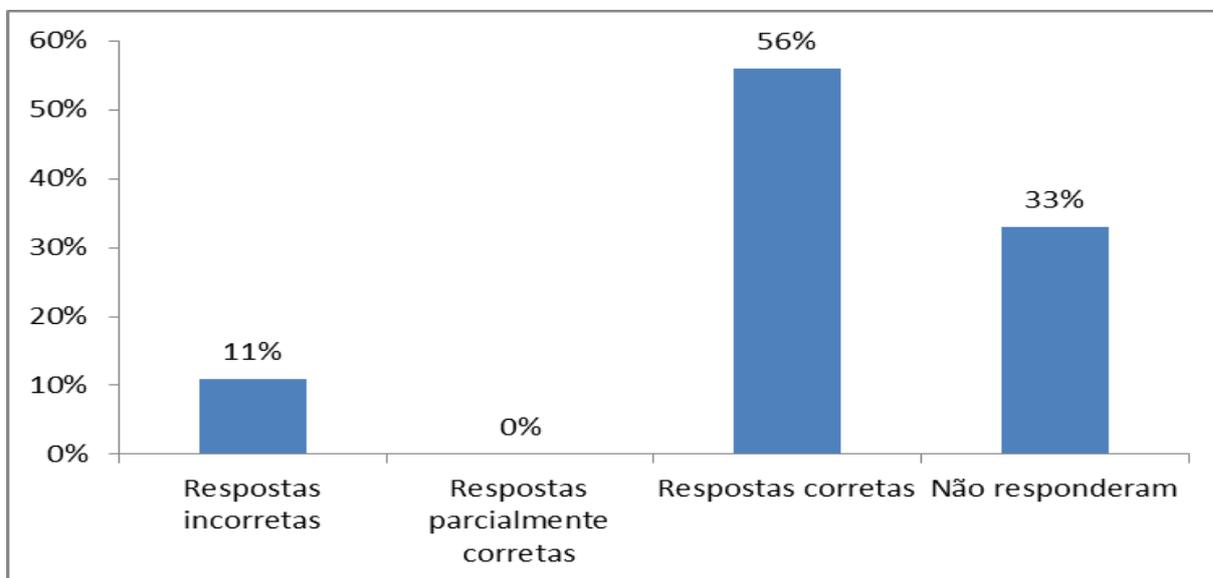


Figura 37: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, sobre o alumínio presente no produto comercial para desentupir pias.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

Está presente como substância simples, pois não tem átomos diferentes.

Com essa resposta, o aluno tentou esboçar uma justificativa de porque a substância é simples. No entanto, houve a supressão de algumas etapas, pois a substância não tem átomos, e sim seus constituintes. E não são átomos diferentes, e sim átomos de diferentes elementos químicos. Mas como esse foi o único estudante que tentou justificar, sua resposta será considerada correta.

No que tange a análise das porcentagens de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas e incorretas, podemos verificar uma maior porcentagem de respostas consideradas corretas. Porém, como já foi dito, somente um aluno tentou justificar, o que nos diz que os alunos sabem identificar uma substância simples apenas olhando o constituinte dessa substância, mas pouco nos diz se esses estudantes sabem expressar o porquê dessa substância ser considerada simples. Para resolver esse problema, será pedido no módulo didático para que os estudantes justifiquem suas respostas.

Com essa atividade, encerramos os resultados da unidade que trata dos metais.

6.4 – Os não-metals

Essa unidade teve o objetivo de apresentar os não-metals para os alunos e assim, contrapor suas propriedades com as propriedades dos metais, além de discutir as formas de obtenção e principais reações.

6.4.1 – ENXOFRE

6.4.1.1 – Chuva ácida

A atividade relacionada ao enxofre consistiu em colocar pó de enxofre em uma armação de fio de cobre, de modo que o enxofre não caia da armação. Em seguida se expõe o enxofre a uma chama para iniciar a reação química de combustão e rapidamente se fecha essa armação dentro de um pote de maionese com um pouco de água, de modo que a armação não molhe na água. Após abrir o recipiente, coloca-se um papel de tornassol azul na água e se verifica a sua mudança de cor para rosa. Com esse experimento se procura trabalhar a formação da chuva ácida e assim entender que enxofre é esse que seria responsável pela chuva ácida, pois é comum a concepção de que o pó de enxofre (substâncias simples) seria responsável pela chuva ácida. Para essa atividade, foi perguntado aos alunos se eles sabiam o que são e como se formam as chuvas ácidas, antes e depois da atividade proposta. Os resultados são mostrados abaixo.

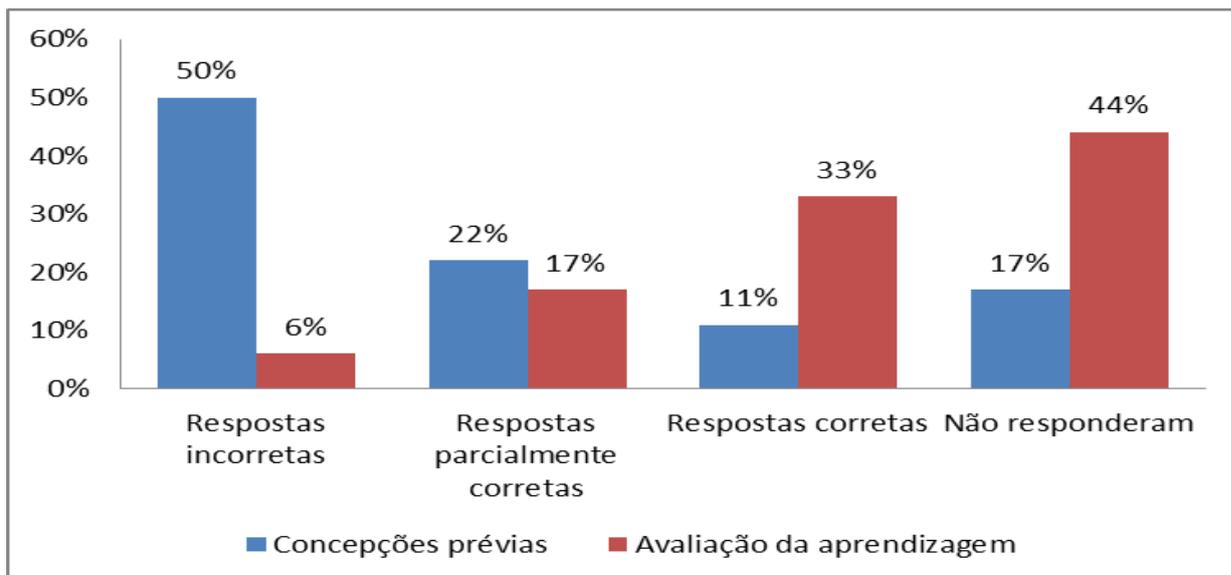


Figura 38: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre a formação da chuva ácida, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

A chuva ácida é formada por água e várias outras substâncias, poluentes que corroem as coisas.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

A chuva ácida é formada a partir do enxofre (substância simples ou composta), que em contato com o oxigênio torna-se dióxido de enxofre e em contato com a água se transforma em ácido sulfuroso (chuva ácida).

Com a análise dessas respostas, verifica-se que o aluno não tinha ideia do que era a chuva ácida, pois em sua concepção prévia apenas disse que a chuva ácida era uma chuva cheia de poluentes e que corroía as coisas. Após a aplicação da atividade, o estudante citou as etapas para a formação da chuva ácida e mencionou o ácido sulfuroso como o responsável pela chuva ácida, demonstrando melhora no entendimento sobre como se dá a formação da chuva ácida.

Com relação a análise das porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos que a porcentagem de respostas incorretas diminuiu, ao passo que a de respostas corretas aumentou, o que seriam boas notícias. No entanto, verifica-se também que a porcentagem de estudantes que não respondeu aumentou, comparando antes e depois da atividade. Isso aconteceu, provavelmente porque alguns estudantes responderam algo mais simplista como “chuva ácida é água e enxofre e corrói tudo pela frente”, e após a atividade, o

estudante, ainda acreditou que sua resposta estava correta, de modo que ele não procurou melhorá-la. Uma possível solução para esse problema seria pedir para o estudante deixar claro sobre que enxofre ele estava se referindo em sua resposta durante o levantamento das concepções prévias.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os estudantes qual seria a diferença entre a substância de enxofre usada no experimento (pó de enxofre) da substância de enxofre causadora da chuva ácida (dióxido de enxofre). As respostas se encontram abaixo.

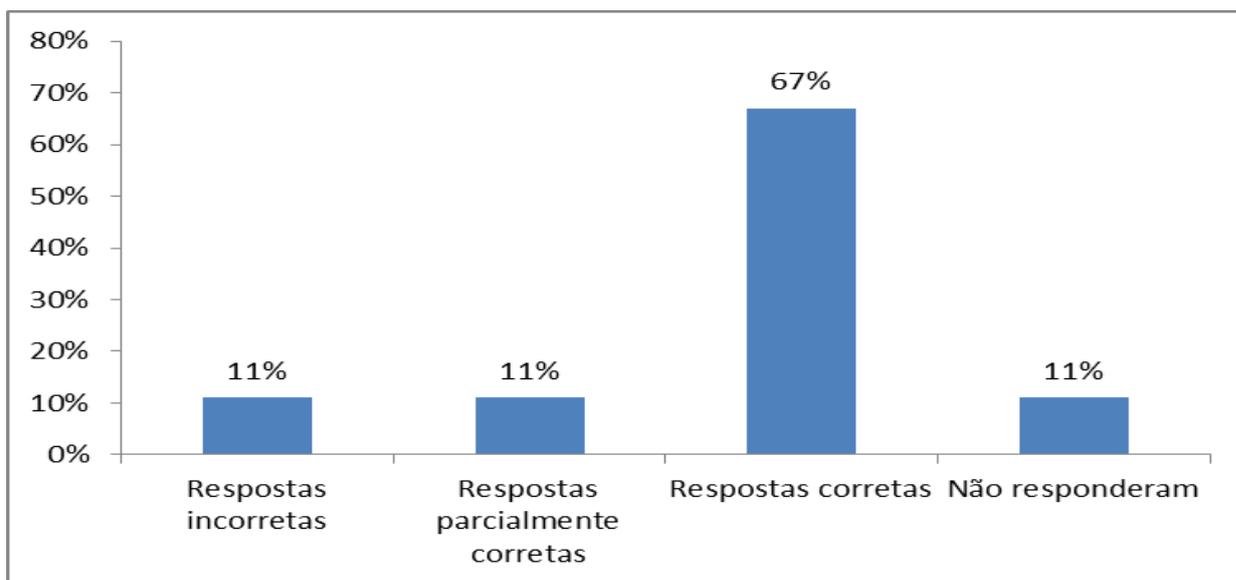


Figura 39: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, sobre as diferentes substâncias de enxofre (simples e composta).

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

No experimento foi usado enxofre substância simples e o responsável pela chuva são substâncias compostas de enxofre (dióxido de enxofre).

Com essa resposta, o estudante demonstrou saber diferenciar muito bem uma substância simples de uma composta, além de saber exatamente qual dos dois tipos de enxofre é responsável pela chuva ácida.

Analisando a porcentagem de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos uma maioria de respostas corretas, o que nos leva a crer que a atividade obteve êxito. Uma observação interessante é que a pergunta foi aberta, (a diferença entre a substância de enxofre usada no experimento da substância de enxofre causadora da chuva ácida), de modo que os estudantes poderiam responder sobre qualquer diferença entre ambas as substâncias. Inclusive um aluno mencionou a diferença no estado físico das duas substâncias como uma diferença (tal resposta

foi qualificada como parcialmente correta para diferenciar das demais respostas). O que chama atenção é que mesmo podendo haver múltiplas respostas, a maioria apresentou a ideia de uma substância ser simples e a outra ser composta, indicando que esse fato foi a primeira coisa que chamou atenção dos alunos.

6.4.2 – OXIGÊNIO

6.4.2.1 – Combustão completa x combustão incompleta

A atividade relacionada ao oxigênio consistiu em comparar a cor da chama de um fogareiro com a cor de uma chama de vela e levar os alunos a proporem explicações sobre as diferentes cores das chamas. Para isso se utiliza de dois isqueiros, um comum e outro do tipo maçarico para comparar as cores da chama e, por último, coloca-se álcool em uma lata cortada ao meio e em uma lata cheia de furos e com um fósforo, se acende os combustíveis das duas latas e procura-se chegar a uma resposta que explique esse fenômeno. Para esse experimento foi perguntado se alunos sabiam por que a chama do fogão é azul e a da vela amarela, antes e depois da atividade proposta. As respostas se encontram abaixo.

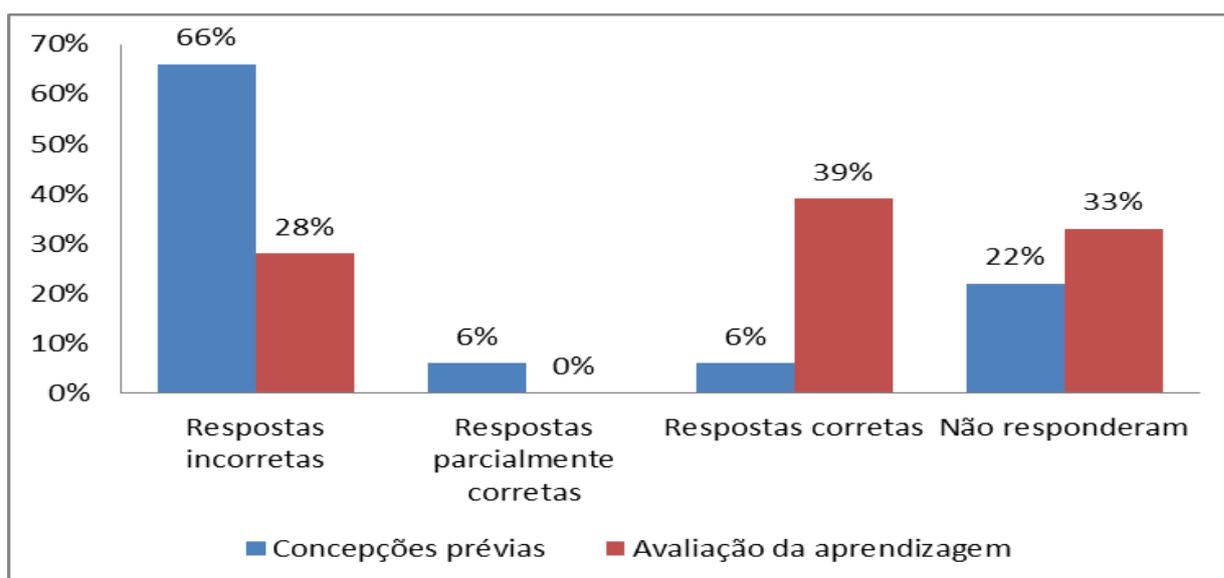


Figura 40: Porcentagem de respostas dos alunos, sobre a diferença entre as chamas amarela e azul, antes (concepções prévias) e depois (avaliação da aprendizagem) da aplicação do projeto.

Abaixo temos a concepção prévia apresentada por um aluno durante a atividade.

A chama do fogão é produzida a partir da combustão de um gás diferente do oxigênio, o qual é o combustível da vela.

Em seguida, está a resposta do mesmo aluno após a aplicação da atividade proposta, resposta que foi considerada correta.

A chama da vela é amarela, pois a mesma faz combustão incompleta, ou seja, quando está acesa, o ar que está sobre o fogo, sobe, dessa forma ele vem pelas laterais, não alimentando-a completamente. Já a do fogão, tem a chama azul, pois faz combustão completa. Um tubo ligado ao bocal alimenta a chama com gás e oxigênio, queimando-os simultaneamente, e alimentando a chama de forma completa.

Com essas respostas, fica bem claro que o aluno não tinha a mínima ideia de porque existem os dois tipos de chama, fato esse demonstrado pela resposta do aluno que afirmou que o oxigênio é o combustível da vela. No entanto, após a atividade, o estudante respondeu muito bem sobre os processos que levam a formação das duas chamas diferentes, indicando uma nítida aprendizagem.

Com a análise das porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos uma grande diminuição na porcentagem de respostas incorretas e um aumento na porcentagem de respostas corretas, um indício de aprendizagem por parte dos alunos. Mas também precisamos verificar o aumento na porcentagem de alunos que não responderam após a atividade, indicando que o aluno não entendeu a explicação do experimento. Isso nos mostra que é necessário maior cuidado com a apresentação desse experimento, de modo a tratar os conceitos envolvidos de maneira mais clara.

Ainda nessa atividade, foi perguntado para os alunos se eles tinham alguma ideia de por que houve a troca dos fogões a lenha pelos fogões a gás. As respostas se encontram abaixo.

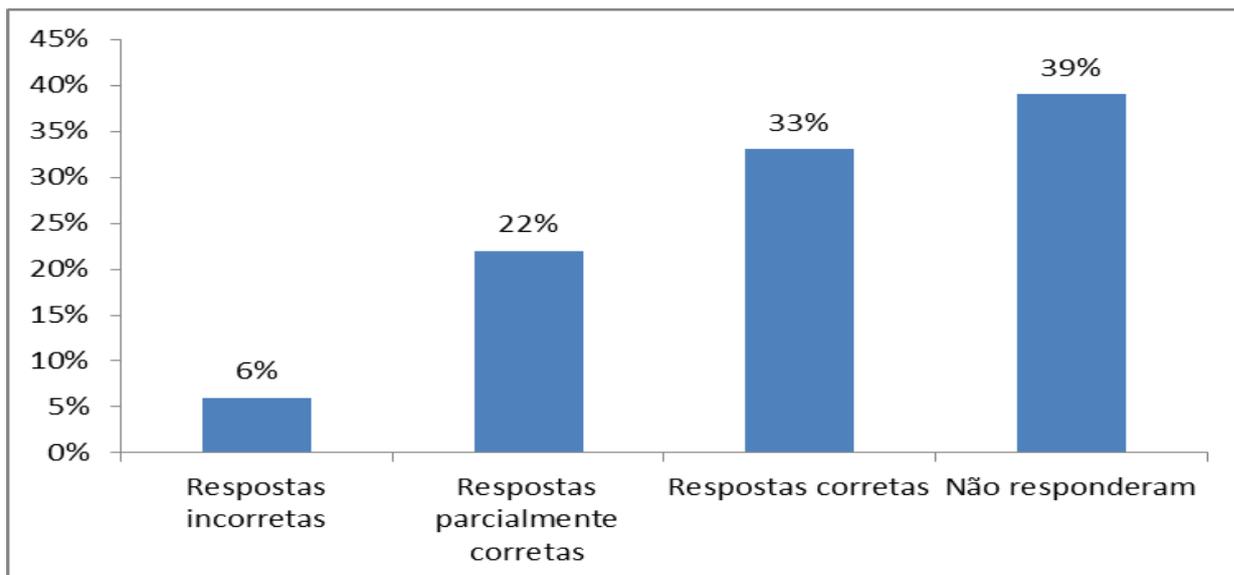


Figura 41: Porcentagem de acertos parciais, totais e erros dos alunos, sobre as diferenças entre um fogão a lenha e um fogão a gás.

Abaixo temos um exemplo de uma resposta que foi considerada correta.

O fogão à lenha libera muito mais luz do que calor e por isso o cozimento é mais lento, já o fogão à gás produz um efeito contrário devido à pré-mistura.

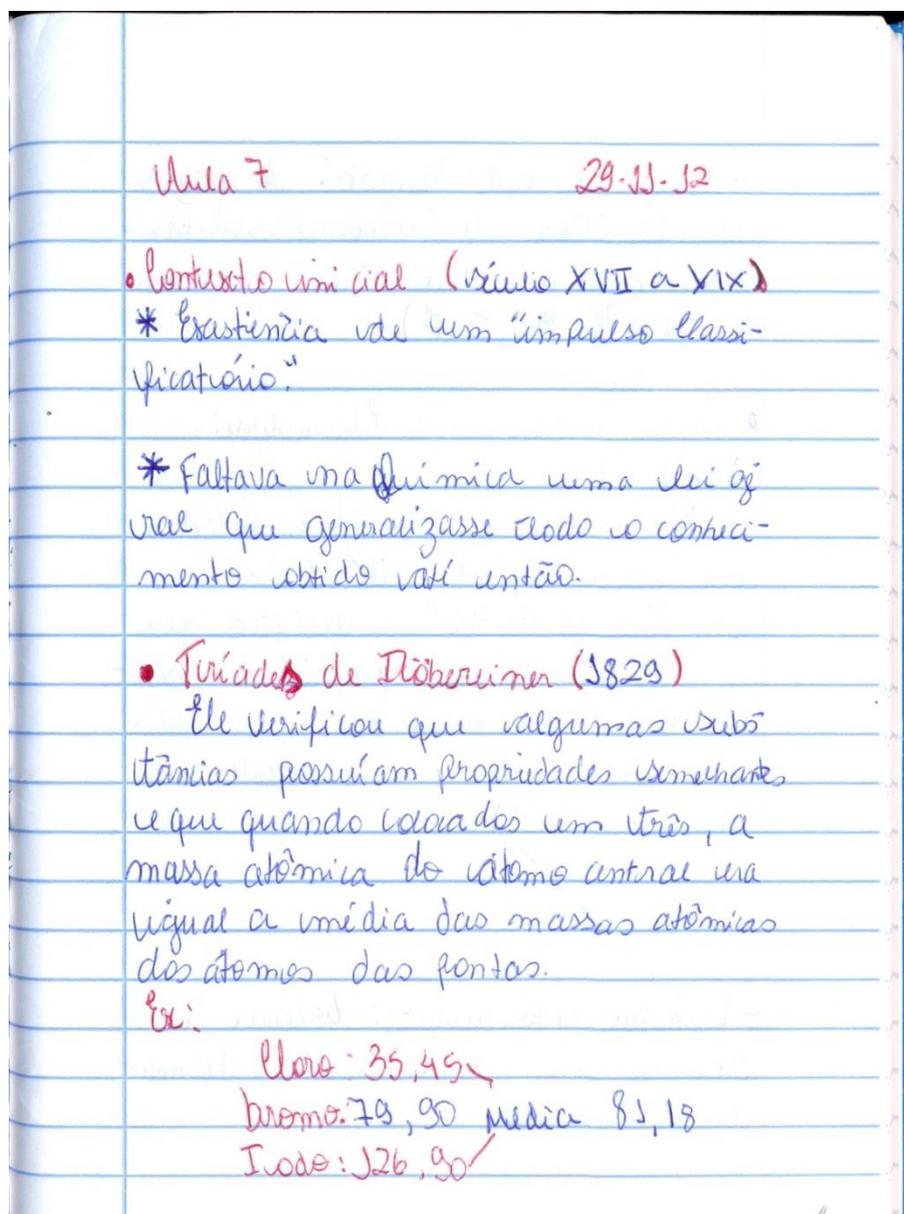
A resposta do aluno demonstra um bom entendimento das diferenças entre as chamas dos fogões a gás e a lenha, explicando qual fogão libera mais calor e mais luz.

Com relação a análise das porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos uma maioria de alunos que não responderam, seguida pela porcentagem de respostas corretas. Isso mostra que a explicação dessa diferença das chamas não é tão trivial e necessita uma maior atenção.

Após a aplicação da atividade, observou-se que a pergunta tem pouco a ver com o tema do presente trabalho, de modo que será feita uma modificação no módulo didático em que se pedirá para os alunos procurarem a eletronegatividade do oxigênio na tabela periódica e a compararem com a eletronegatividade dos átomos de alguns metais. Assim, o aluno poderá explicar o que significa essa diferença nas eletronegatividades e entender uma característica do átomo de oxigênio, que é a sua capacidade de retirar elétrons dos átomos de metais, formando uma ligação iônica. Explicando assim, porque os metais oxidam na presença do oxigênio.

6.5 – A história da tabela periódica

Para essa unidade, foi feita uma leitura conjunta do texto disponibilizado na quarta unidade do módulo didático e fazerem um resumo do texto em que deveriam abordar o contexto inicial em que se começou a classificar as substâncias, as propostas de cada cientista, as suas principais contribuições e uma descrição da tabela moderna. Temos abaixo a digitalização de um caderno de um aluno mostrando como ele fez esse resumo.



- Principais contribuições - A maioria de famílias de átomos e substâncias (átomos e substâncias semelhantes: Li, Ba, I, F).

• Paradoxos típicos de Chamadais (1862)

Ele seleciona os sistemas conhecidos com uma espiral cilíndrica com um ângulo de 45° e verifica que as substâncias com propriedades semelhantes se encontram em uma mesma característica (em ordem crescente de massa atômica).



- Principais contribuições: coloca os átomos em ordem crescente de massa atômica.

• listagens de Mendeleev (1869)

Ele propôs que os átomos fossem colocados em uma tabela em ordem crescente de suas massas atômicas e verifica que as propriedades das substâncias se repetem no mesmo ciclo.

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14

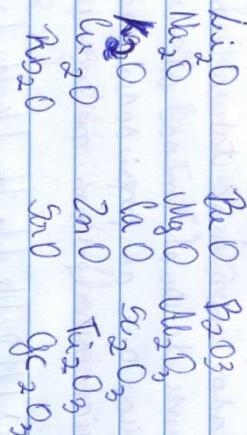
- Principais contribuições: A previsão de (encontrado) das propriedades das substâncias.

• Mendeleev (1869)

Mendeleev se uniu de substâncias semelhantes para a tabela de substâncias simples para a tabela de substâncias de diferentes átomos e dimensões que os valores semelhantes podem ser colocados na mesma coluna da tabela e que os valores são chamados por

ordem crescente de massa atômica -

Ex:



- Johann Wolfgang Döbereiner: Demonstrou

que de fato existia o triângulo,
 Usou triângulo pouco usado de base
 tabular para novas descobertas:

o Triângulo de Dobereiner

- Usam cuantia (de número atômico
 (número de prótons))

- Soluções: Permíscas (Substituições
 semelhantes).

- triângulo não os períodos que se

usaram a medida que descrevem
 uma tabela.

Com a análise desse resumo, verificamos que o aluno apresentou de forma correta o contexto inicial, a proposta de cada cientista, suas principais contribuições

que em conjunto levaram a construção da tabela e por último o aluno apresentou uma descrição sucinta e acurada de como é a atual tabela, indicando uma boa apropriação da história da tabela periódica.

Na segunda atividade da unidade, utilizou-se a história da tabela periódica para argumentar que o nome proposto para a tabela (Tabela periódica de elementos) trata-se de um nome histórico, pois na tabela não tem propriedades periódicas de elementos, pois elementos não têm propriedades. Assim, foi pedido para que os alunos analisassem a tabela periódica anexa na quarta unidade do módulo didático, a fim de identificar quais propriedades se referem às substâncias simples, quais propriedades se referem às substâncias compostas, quais propriedades se referem aos átomos e quais atributos são atribuídos aos elementos químicos. Os resultados dessa atividade são apresentados abaixo na forma de um gráfico de porcentagens de respostas corretas, parcialmente corretas e incorretas.

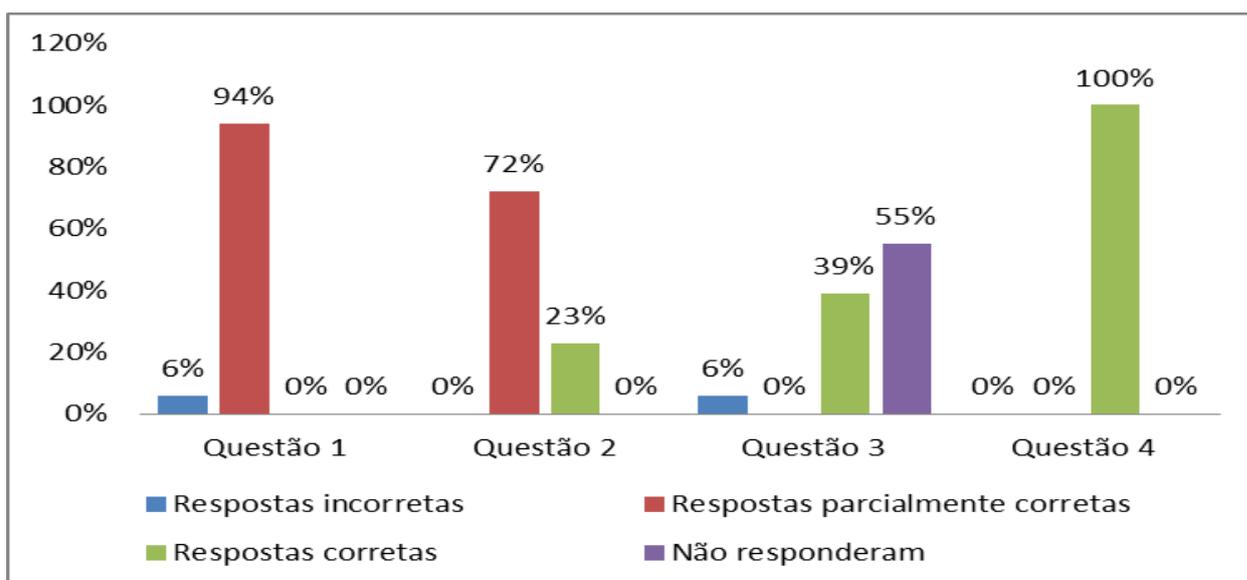


Figura 42: Porcentagem de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas, incorretas para as quatro questões do segundo estudo dirigido (ED2).

Abaixo apresentamos um estudo dirigido digitalizado que acertou o maior número de questões, considerando-se que ninguém o acertou completamente.

Sabemos que o nome "Tabela periódica dos elementos" possui um erro conceitual, pois o termo "periódico" se refere ao periodismo (repetição) das propriedades dos átomos e das substâncias simples. Como elementos químicos não são átomos, nem substâncias, não possuem propriedades físicas ou químicas. Sendo assim, o nome permanece por razões históricas, sendo necessário sabermos quais propriedades podem ser obtidas da tabela e a que se referem. Com base nessas informações e na tabela anexa, responda as questões abaixo:

1) Identifique na tabela em anexo CINCO (5) propriedades macroscópicas que se referem a propriedades de substâncias simples. Isto é substâncias cujos constituintes são formados por átomos de um mesmo elemento químico.

ponto de fusão, ponto de ebulição, estado físico, densidade

2) Identifique na tabela em anexo, SEIS (6) propriedades microscópicas que se referem a propriedades de átomos dos elementos químicos.

número atômico, massa atômica, configuração eletrônica, eletronegatividade, ligação química, número de oxidação, raio atômico, potencial de ionização

3) Identifique na tabela em anexo UMA (1) propriedade macroscópica que se refere a substâncias compostas, isto é, substâncias cujos constituintes são formados por átomos de diferentes elementos químicos.

A solubilidade

4) Liste DOIS atributos que caracterizam o conceito atual de elemento químico.

Nome e o símbolo

Figura 43: Estudo dirigido 2 (ED 2) de um aluno que acertou o maior número de questões.

Com a análise de porcentagens de respostas consideradas corretas, parcialmente corretas e incorretas, verificamos que obtivemos baixa porcentagem de acertos totais na 1ª questão, que se referia às propriedades das substâncias. A maioria dos alunos só obteve quatro propriedades, e não cinco como foi pedido. Isso se deu, provavelmente porque a última propriedade (reatividade) estava bem pequena na tabela consultada de maneira que os alunos não a viram. Para a 2ª

questão, obtivemos uma porcentagem maior de acertos, fato que se deu provavelmente porque os nomes das propriedades de átomos são bem típicos (massa atômica, volume atômico e raio atômico), além do que muitas vezes, incluem nomes de elétrons (eletronegatividade, configuração eletrônica). Para a 3ª questão, obtivemos um resultado esperado, pois pouco foi falado sobre as propriedades de substâncias compostas, de modo que a maioria deixou a questão em branco. O resultado que realmente surpreende é a totalidade de respostas consideradas corretas quando se perguntou quais os atributos que caracterizam os elementos químicos. Essa alta porcentagem se deu provavelmente porque muitas vezes ao longo do curso se repetiu que elementos químicos não possuíam propriedades, e que só possuíam nome e símbolo, repetição que parece ter sido bem incorporada pelos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação a primeira parte do trabalho (análise dos livros didáticos) podemos tecer alguns comentários que resumem bem o que foi observado. De maneira geral, os livros didáticos trabalham o tema “Tabela Periódica” de forma muito padronizada, apresentado um breve histórico e abordando alguns conceitos relacionados a tabela (energia de ionização, eletronegatividade, etc.). Esses livros não apresentam poucas ou nenhuma atividade experimental e apresentam erros (exceto um livro analisado) com relação ao conceito de elemento químico. Por um lado isso é muito ruim, pois grande parte dos professores se guiam pelo o que o livro didático apresenta e assim, chances são pequenas de se melhorar o ensino/aprendizagem desse assunto. Por outro lado a padronização do ensino do assunto é boa porque justifica propostas didáticas como essa, que funcionam como alternativas para professores que gostariam de tentar algo diferente. Assim, como veremos abaixo, a proposta não é perfeita, mas tem o mérito de tentar romper com aquilo que vem sendo feito há muito tempo. Vejamos então o que ficou bom na proposta e aquilo que precisa melhorar.

Com relação a segunda parte do trabalho (aplicação do material didático preparado), podemos fazer uma análise de cada uma das unidades. Na primeira unidade (substâncias, átomos e elementos químicos), cujos objetivos eram o entendimento e a diferenciação de tais conceitos, pode-se dizer que o presente trabalho atingiu resultados favoráveis no que tange os conceitos de substâncias e átomos. Foram obtidas algumas respostas dos alunos que se alinham com o significado atualmente aceito para tais conceitos. No entanto, para o conceito de elemento químico não foram obtidos resultados tão favoráveis assim, pois conforme demonstrado no capítulo dos resultados, nenhum aluno se apropriou de sua atual conceituação.

Uma possível explicação para esse fato seria o grau de abstração elevado para o conceito, que em muito dificulta seu aprendizado. Para defendermos tal ponto, tomemos como exemplo o conceito de átomo, que pode ser considerado um conceito abstrato, pois são as partículas formadoras dos constituintes. Ambos os conceitos (átomos e constituintes) se encontram no mundo microscópico, ou das

teorias, que por serem teorias, não são passíveis de observação, não estão presentes no mundo, pois foram criados pelo ser humano para explicar os fenômenos do mundo macroscópico, conforme visto em SILVA, MACHADO e TUNES (2010). No entanto, nesse caso, a própria teoria admite que as substâncias do mundo macroscópico sejam formadas por constituintes, que por sua vez são formadas por átomos. Ou seja, por mais que átomos e constituintes sejam conceitos abstratos, admitir que eles formem as substâncias para explicar o mundo macroscópico dá a tais conceitos certo grau de concretude. O que muitas vezes levam professores e alunos a, equivocadamente, admitir que os átomos e moléculas sejam reais e que eles estão em todos os lugares e que os alunos não conseguem ver porque eles ainda não estudaram o suficiente. Já o conceito de elemento químico, atualmente, apresenta um grau de abstração muito maior, pois para ele não existe nenhuma forma de representá-los que seja exclusiva (lembrando que os símbolos químicos podem representar elementos químicos ou núclídeos), não se tem como imaginá-los ou dar forma para eles.

Concluimos, então, disso tudo que foi dito, que talvez o maior problema não seja os alunos, mas sim professores e autores de livros didáticos, que também apresentam uma grande dificuldade no entendimento do conceito. Conforme foi visto durante a análise dos livros, quatro dos cinco autores confundiram em algum momento elemento químico com substâncias ou átomos. O autor desse trabalho apresentou sérias dificuldades durante a redação da proposta, de modo que foi admitido que somente a apresentação da evolução histórica do termo seria o suficiente para levar os alunos ao entendimento. Pelo que foi analisado das respostas dos alunos, não foi o caso, de modo que a presente proposta precisa ser reformulada e reaplicada com novas atividades para tentar fazer os alunos compreenderem o que significa elemento químico. Uma segunda sugestão seria a aplicação da presente proposta para professores em formação nos cursos de Licenciatura em Química para tentar diminuir as dificuldades encontradas por professores no entendimento do conceito de elemento químico.

Na segunda e na terceira unidade, que apresentam a mesma estrutura e diferentes focos (metais e não-metais), conseguimos bons resultados, pois na maioria das atividades observou-se o aumento na porcentagem de respostas consideradas corretas, comparando-se concepções prévias e respostas dadas após

a atividade. No entanto, aconteceram alguns problemas, pois inicialmente teve-se a ideia de apresentar aos alunos algumas substâncias da tabela periódica, de modo que algumas perguntas feitas aos alunos foram feitas apenas para demonstrar algumas características interessantes dessas substâncias. Temos como exemplo a pergunta “Considerando que a estátua da liberdade nos EUA é feita de cobre, e que o cobre é vermelho, como explicar a cor esverdeada que a estátua apresenta?”, que objetivava fazer o aluno perceber que o cobre passou por uma reação química evidenciada pela mudança de cor, ou seja, o foco da pergunta foi a substância cobre. Com a aplicação do trabalho e análise dos resultados, percebeu-se que o foco não podia ser puramente as substâncias em questão, mas sim os conceitos que nos propusemos a ensinar (substâncias, átomos, elementos químicos, e como propriedades de substâncias e átomos são apresentadas na tabela periódica). Assim, foram feitas modificações no módulo didático, de modo a contemplar as conclusões tiradas. Para cada atividade, foi feita uma pergunta que trata especificamente da substância em questão e após a atividade, foram feitas perguntas que tratem especificamente do tema proposto. O trabalho precisa ser novamente aplicado para se colherem novos dados e verificarmos assim, se conseguiram atingir os objetivos esperados.

Ainda nas mesmas unidades tivemos outro problema, pois não foi possível aplicar as atividades que tratavam da história das substâncias (ferro, cobre, zinco, alumínio, enxofre e oxigênio) por falta de tempo. Conforme foi descrito no capítulo de metodologia, as atividades planejadas do presente trabalho foram aplicadas no 4º bimestre escolar, período este que costuma ser bastante reduzido devido a grande quantidade de atividades extraclasse nas escolas e grande quantidade de feriados. Assim, à medida que a proposta foi se desenrolando, percebeu-se que nem todas as atividades planejadas teriam tempo de serem aplicadas, de maneira que se optou por suprimir as atividades relacionadas à história das substâncias em favor da realização dos experimentos programados. Para resolver esse problema, recomenda-se que a proposta seja aplicada nos bimestres intermediários (2º ou 3º bimestres), pois assim, se consegue os pré-requisitos necessários às atividades e não se tem problemas com falta de tempo.

Na quarta unidade obtivemos resultados muito favoráveis, pois conforme vimos, o resumo apresentado pelo aluno estava bastante completo, apresentando

bem a evolução histórica da tabela periódica. No entanto, não foram todos os alunos que construíram um resumo como o que foi apresentado no capítulo anterior, talvez pela dificuldade que os alunos apresentem em escrever com as próprias palavras aquilo que ele lê. Assim, para essa atividade, uma possível alteração seria pedir para os alunos construírem uma tabela com as contribuições de cada uns dos cientistas, de modo a fazê-los verem como a Ciência é produto de um esforço conjunto que leva aos avanços dentro de uma determinada área. Uma tabela facilita um pouco mais, pois sistematiza aquilo o que os alunos devem contemplar, aumentando assim, o número de alunos que conseguiriam fazer a atividade. Na segunda atividade da unidade, os resultados foram muito bons, mas obtivemos uma porcentagem alta de abstenções e de resultados parcialmente corretos. Uma possível solução seria o professor ir pedindo para os alunos citarem todas as propriedades que eles veem na tabela, de modo que o professor as coloque no quadro. Assim, o professor vai passando por cada propriedade e verificando com os alunos se eles sabem do que ela se trata e a que se referem. Assim, com a ajuda do professor, os resultados tenderiam a melhorar.

Voltando para nossa hipótese inicial, de que as contribuições da História da Ciência, da experimentação no ensino de Ciências e do pensamento por conceitos hierarquizados, com relações de coordenação e subordinação explícitas, facilitam a aprendizagem da tabela periódica. Podemos concluir que a hipótese está parcialmente correta, pois sim, alguns conceitos apresentaram uma melhora na aprendizagem, outros nem tanto. Com as mudanças propostas e uma segunda aplicação do trabalho, acreditamos poder dar uma resposta mais conclusiva e dependendo, dessa resposta, até se poderia sugerir essa proposta didática para professores em formação inicial nos cursos de Licenciatura em Química.

Percebemos então, que algumas melhorias precisam ser feitas, de modo a tornar a proposta uma alternativa viável para professores que gostariam de trabalhar de modo diferente ao que é proposto no livro didático. Praticamente todo aluno de Ensino Médio já ouviu falar da tabela periódica, apresentando alguma opinião negativa sobre o assunto, devido aos exaustivos exercícios de memorização sem sentido os quais são submetidos. Acreditamos que trabalhos que se proponham honestamente a tentar uma diferente alternativa ao que se tem feito ao longo das gerações de alunos são válidos. Usamos a palavra “tentar” de modo deliberado, pois

não se trata de uma tarefa fácil, uma vez que antes de sermos professores, fomos alunos. Alunos que foram submetidos aos métodos tradicionais de ensino de Química, tornando assim, uma tarefa muito árdua a modificação do olhar para aquilo que é realmente importante no ensino e na aprendizagem dessa Ciência. Tendo em vista essa dificuldade, obviamente que não conseguiremos todo o êxito desejado na primeira tentativa. Precisamos manter parte do nosso olhar no passado, sabendo exatamente onde foram cometidos os erros, de modo a guiar nossas ações no presente, ações estas que quando bem orientadas, evitam que o trabalho do professor seja apenas por tentativa e erro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC, p. 49-73, 2004.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 2011.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3: p. 291-313, dez 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **OCNEM – Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, 2006. 2 v.

BRASIL, MEC/SEB. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio, Brasília: Ministério da Educação, 1999.

CAMPOS, F. Reforma do Ensino Secundário. In: **O Ensino Secundário no Brasil e sua atual legislação**: de 1931 a 1941 inclusive. São Paulo: Oficinas de José Magalhães, 1942.

CANTO, E. L. **Minerais, minérios, metais**. De onde vêm? Para onde vão? São Paulo: Moderna, 2004.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando Soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 28, p. 37-41, 2008.

CHAIB, N. N. **Teoria atômico-molecular**. **Ensino de Química**: Dos fundamentos à prática. São Paulo, p. 21 – 26, 1988.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. **A Ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 2004 p. 43-44.

DIAS, J. J. C. T. **O ensino experimental em Química**. In: PORTUGAL, Ministério da Educação, Departamento de Ensino Secundário. **Comunicar Ciência**. ano 1, n. 1, 1998. Disponível em:
<http://dgide.minedu.pt/public/ciencias/publicacoes_boletim_01.pdf >.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, v. 9, n. 5, 1999.

FONSECA, M. R. M. **Química – Meio ambiente – Cidadania – Tecnologia**. São Paulo: FTD, 2010. 1 v.

HANSON, Norwood Russell; MORGENBESSER, Sidney. Observação e interpretação. **Filosofia da Ciência**. São Paulo: Cultrix, p. 128-136, 1975.

HODSON, D. Hacia um trabalho más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**. v. 12 , n. 3, p. 299-313, 1994

JAFFE, B. **The history of chemistry and its place in the teaching of high-school chemistry**. *Journal of Chemical Education*. n. 15 p.383-389. 1938.

KLEIN, M. J. **Use and Abuse of Historical Teaching in Physics**, In S. G. Brush & A. L. King (eds.) *History in the Teaching of Physcs*, University Press of New England, Hanover. 1972

LAKATOS, I. History of Science and Its Rational Reconstructions, In **Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association**, p. 91-136, 1970.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3: p. 164 – 214, dez. 1995.

MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 32 - 37, 1999.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MORTIMER, E. F. Concepções atomistas de estudantes. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 23-26, 1995.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. São Paulo: Scipione, 2011. 1 v. LISBOA, J. C. F. **Química**. São Paulo: SM, 2010. 1 v.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antigüidade à modernidade. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 17 - 21, 2002.

PEREIRA, C. L. N. **A História da Ciência e a Experimentação no Ensino de Química Orgânica**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado profissionalizante em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Universidade de Brasília.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2010. 1 v.

PORTO, P. A. História e filosofia da ciência no ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em foco**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 159 – 180.

ROCHA-FILHO, R. C.; TOLENTINO, M.; DA SILVA, R. R.; TUNES, E.; DE SOUSA, E. C. P. ENSINO DE CONCEITOS EM QUÍMICA III. SOBRE O CONCEITO DE SUBSTÂNCIA. **Química Nova**, 11(4), 1988, p. 417 - 419.

SANTOS, W. L. P. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social**: funções, princípios e desafios. Revista Brasileira de Educação, v. 12, n. 36, p. 474-492, set./dez. 2007.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; DIB S. M. F.; CASTRO, E. N. F.; SILVA, G. S.; SANTOS, S. M. O.; FARIAS, S. B. **Química Cidadã**. São Paulo: Nova Geração, 2010. 1 v.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em foco**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2010. p. 231 – 261.

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E.; TOLENTINO, M. Ensino de conceitos em Química. II. Matéria: um sistema conceitual quanto à sua forma de apresentação. **Ciência e Cultura**, 38(12), 1986, p. 2028-2030.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R.M.R. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000, p. 120 – 153.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.; CHAGAS, A.P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos. **Química Nova**, v. 20, supl. 1. p. 103 - 117, 1997.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. Evolução histórica dos pesos atômicos. **Química Nova**, v. 17, supl. 2. p. 182 - 187, 1994.

TOLENTINO, M.; SILVA, R. D.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E. Ensino de conceitos em Química. I. Matéria: exemplo de um sistema de conceitos científicos. **Ciência e Cultura**, 38(10), 1986, p. 1721-1724.

TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R. R.; SOUZA, E.; ROCHA-FILHO, R. Ensino de conceitos em Química. IV. Sobre a estrutura elementar da matéria. **Química Nova**, 12(2), 1989, p. 199-202.

TUNES, E. Os conceitos científicos eo desenvolvimento do pensamento verbal. **Cadernos Cedes**, v. 35, p. 29-39, 1995.

TUNES, E. O ensino de ciências. **Boletim do Departamento de Didática UNESP, Araraquara**, v. 9, n. 6, p. 119-124, 1990.

VIDAL, B. **História da Química**. Lisboa: Edições 70, 1986.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. [tradução Jeferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto]. 2008.

APÊNDICE

Proposta didática sobre tabela periódica



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Ciências Biológicas
Faculdade UnB Planaltina
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE TABELA PERIÓDICA COM
AS CONTRIBUIÇÕES DA EXPERIMENTAÇÃO, DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DO PENSAMENTO POR
CONCEITOS**

RAFAEL ABDALA MENDONÇA RIBEIRO

Proposição de ação profissional resultante da dissertação sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito parcial a obtenção do Título de **Mestre em Ensino de Ciências** - Área de Concentração "Ensino de Química", pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília
2013

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	3
1. ELEMENTO QUÍMICO, SUBSTÂNCIA E ÁTOMO.....	7
2. OS METAIS.....	16
Ferro.....	17
O ferro na tabela periódica.....	17
Um pouco de história.....	19
Formas de obtenção.....	19
Corrosão do ferro.....	20
Reatividade do ferro.....	22
Imantação do ferro.....	24
Cobre.....	27
Um pouco de história.....	27
Formas de obtenção.....	28
Azinhavre.....	28
Deposição espontânea do cobre.....	30
Zinco.....	33
Um pouco de história.....	33
Formas de obtenção.....	34
Metal de sacrifício.....	35
Obtenção do latão.....	37
Alumínio.....	39
Um pouco de história.....	39
Formas de obtenção.....	40
Reciclagem do alumínio.....	41
Desentupidor de pias.....	43
3. OS NÃO-METAIS.....	46
Enxofre.....	46
Um pouco de história.....	46
Formas de obtenção.....	47
Chuva ácida.....	47
Oxigênio.....	50
Um pouco de história.....	50
Formas de obtenção.....	51
Combustão completa x combustão incompleta.....	52
4. A HISTÓRIA DA TABELA PERIÓDICA.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
APÊNDICE.....	69
ANEXOS.....	73

INTRODUÇÃO

A tabela periódica foi uma verdadeira conquista para a Química, pois conseguiu estabelecer uma lei que relacionasse propriedades das substâncias e dos átomos. Considerando que a Química é a Ciência que estuda as substâncias e que os constituintes das substâncias são formados por átomos, defendemos que o entendimento da Química passa necessariamente pelo estudo da tabela periódica. No entanto, não se trata do velho estudo ainda proposto nas aulas de Química em que se espera que o aluno extraia informações descontextualizadas da tabela, como raio iônico, energia de ionização ou eletronegatividade. Trata-se de um estudo das propriedades das substâncias comuns que todo mundo já ouviu falar e de como essas propriedades podem ser explicadas pelo mundo microscópico dos átomos. Antes de falarmos da proposta, vejamos alguns problemas comuns que aparecem com frequência nas salas de aula quando o assunto é a tabela periódica.

O item de conteúdo "Tabela periódica" vem sendo ensinado nas aulas de Química há bastante tempo. No entanto, observa-se que desde sempre esse assunto provoca reações negativas por parte dos alunos, pois sempre há o temor de se ter que decorar toda a tabela. Sendo assim, os professores de Química ensinam seus alunos a construir frases com os símbolos dos elementos químicos tornando a aprendizagem desse assunto extremamente desinteressante e cheia de estereótipos. Geralmente, seu ensino se inicia no 9º ano ou 8ª série do Ensino Fundamental, de modo que quando os alunos chegam no 2º ano do Ensino Médio, e o assunto é tabela, ouve-se deles se é necessário decorar a tabela periódica.

Outro problema observado no que tange esse conteúdo é a dificuldade por parte dos professores em conseguir propor algum tipo de atividade experimental referente ao assunto, uma vez que aparentemente, a tabela periódica não permite tais atividades. Dessa forma, insiste-se em um ensino focado apenas na memorização de como as propriedades periódicas variam em função dos períodos e das famílias. Esse enfoque na memorização desmotiva os alunos para a aprendizagem dos conceitos, dificultando o trabalho do professor.

Podemos ainda relatar como problema, a forma como os livros didáticos tratam o assunto tabela periódica, pois estes materiais são usados pelos professores como guia para suas aulas. Sendo assim, torna-se necessário saber se o ensino

desse item de conteúdo se encontra livre de problemas nos livros didáticos. Durante a análise dos livros escolhidos pelo PNLD/2012, podemos então enumerar alguns dos problemas verificados, enfatizando como eles podem dificultar a aprendizagem dos conceitos relacionados à tabela periódica.

O primeiro problema diz respeito à confusão entre os conceitos de elemento, substância simples e átomo. O uso indiscriminado do termo elemento pode provocar dificuldades na aprendizagem do conceito de substância, um conceito estruturante da Química, de forma que os alunos não aprendam a diferença entre substância simples e composta. O segundo problema se relaciona com a falta de atividades diferentes da mera resolução de exercícios teóricos. Entendemos que um ensino que se baseie somente no nível microscópico e no nível representacional é um ensino de Química incompleto, pois torna a aula excessivamente complexa, com pouco sentido e, além disso, que valoriza a memorização, algo que desestimula os alunos. O terceiro problema se refere à excessiva ênfase na memorização da tabela. Dos cinco livros analisados três não explicitaram o papel da tabela como instrumento de consulta e dos dois livros que o fizeram, somente um explicitou, por meio de um exemplo, algumas informações que podem ser obtidas da tabela. Nesse sentido, acreditamos que esse deve ser o foco do ensino da tabela periódica, saber como consultá-la e o que consultar, pois enfatizar a memorização torna a tabela periódica algo desinteressante, o que provoca um afastamento por parte dos alunos. Por último, o quarto problema é o mau uso da História da Ciência. A História da Ciência é uma aliada útil na tentativa de humanizar as Ciências e mostrar para os alunos a natureza do conhecimento científico. Um ensino de Ciências a-histórico favorece o surgimento de concepções distorcidas, que a tratam como forma de conhecimento a prova de falhas. No entanto, não só a falta de elementos da História da Ciência pode ser prejudicial, a má utilização da História da Ciência também é indesejável. Observa-se que os livros didáticos enfocam muito a contribuição de cada cientista na construção da tabela e exaltam a figura de Mendeleiev como uma pessoa que se destacou sobre as demais pela sua capacidade de previsão de substâncias ainda não conhecidas. Esse tipo de abordagem traz os cientistas como pessoas fora do comum, algo que contribui para afastar os alunos da aprendizagem de Ciências, pois os levam a crer que não têm capacidade de compreender algo que foi criado por gênios. Sendo assim, a história será utilizada para contextualizar as substâncias

estudadas e para percebermos como essas substâncias foram determinantes para o desenvolvimento de civilizações e como elas influenciaram nossa história como seres humanos. Além disso, trataremos a evolução da tabela periódica, mostrando as principais contribuições de cada cientista, de modo que o aluno perceba que a Ciência é um empreendimento que envolve o trabalho de várias pessoas ao longo do tempo.

Sendo assim, o módulo didático (recomendado para alunos de 2º ano do ensino médio) será dividido em quatro unidades, em que cada unidade, um tema relevante para a tabela periódica será tratado. Na Unidade 1 trabalharemos os conceitos de matéria, materiais, substâncias, constituintes, átomos e elementos químicos, de forma que essa unidade ficará dividida em **Texto para os professores** e **Atividade com os alunos**. Na parte do **Texto para os professores** haverá uma explicação sobre os conceitos que desejamos tratar, de modo que o professor possa ficar bem a vontade sobre como ele deseja trabalhar esses conceitos. Na parte das **Atividades com os alunos**, haverá uma proposta de atividade que o professor pode realizar com seus alunos, de modo a avaliar a aprendizagem. Tais atividades se encontram na forma de perguntas antes da explicação e perguntas após a explicação, de forma que se avalie como o aluno amadureceu suas ideias. Ao final da unidade, haverá uma proposta de estudo dirigido para o professor que quiser algum instrumento para atribuir nota.

As Unidades 2 e 3 são parecidas pois possuem a mesma estrutura didática. Nelas são propostas algumas atividades para que o aluno saiba diferenciar substância simples de substância composta e, em seguida, há uma série de experimentos que sempre seguem o seguinte esquema, conforme as páginas 24 e 25 da dissertação:

Concepções Prévias (CP) – Se trata de uma pergunta teoricamente orientada, com o intuito de despertar a curiosidade do aluno e levá-lo a apresentar suas concepções acerca do fenômeno.

Observação macroscópica – É o experimento em si, nessa parte é importante que o professor evite dar muitas explicações sobre o fenômeno e procure ouvir o que os alunos têm a dizer sobre o que observam.

Interpretação microscópica – É a explicação do experimento a partir das teorias científicas atualmente aceitas, esse é o momento em que o professor centraliza a explicação tentando aproveitar o que foi dito pelos alunos.

Expressão representacional – É a forma de representar o fenômeno com equações, figuras ou desenhos.

Interface CTS – Esse é o momento em que o professor procura contextualizar o conhecimento trabalhado, trazendo algumas implicações sociais, sociológicas, ambientais, etc. para o que foi ensinado-aprendido.

Tratamento dos resíduos – Ao final do experimento serão feitas algumas sugestões sobre como se dispor dos resíduos gerados pelo experimento.

Avaliação da Aprendizagem (AP) – Nessa parte, pede-se que o aluno responda de novo a pergunta inicial, com os conhecimentos adquiridos no experimento e, por fim, responda uma pergunta que trata especificamente dos conceitos a serem apreendidos pelos alunos (propriedades de substâncias, átomos e os atributos dos elementos químicos).

Ainda nas unidades 2 e 3, será proposta uma atividade que trata da história das substâncias trabalhadas em ambas as unidades, utilizando a abordagem externalista da História da Ciência, conforme apresentado na página 40 da dissertação.

A Unidade 4 aborda um estudo de caso da tabela periódica em que serão tratados os motivos que levaram os cientistas a proporem uma tabela, os problemas encontrados, as contribuições de cada cientista e como ela chegou ao que é atualmente. Ao final da unidade haverá um estudo dirigido enfocando as informações que podem ser obtidas da tabela, de modo que o professor possa avaliar a aprendizagem e uma atividade em que os alunos resumem as contribuições de cada cientista em uma tabela em uma abordagem internalista da História da Ciência, conforme apresentado na página 40 da dissertação.

UNIDADE 1 - ELEMENTO QUÍMICO, SUBSTÂNCIA E ÁTOMO

Essa unidade tem o objetivo de discutir os conceitos de elemento químico, substância e átomo, de modo que o aluno aprenda a diferenciá-los. Defendemos essa diferenciação, pois acreditamos que um bom ensino de Química se esforça para evitar confusões conceituais, de modo a tornar o pensamento do aluno mais lógico. Além disso, podemos classificar os conceitos de elemento químico, substância e átomo como conceitos estruturantes, ou seja, “[...] aqueles que permitiram e impulsionaram a transformação de uma ciência, a elaboração de novas teorias, a utilização de novos métodos e novos instrumentos conceituais” (OKI, 2002, p. 17).

ATIVIDADE COM OS ALUNOS

Começaremos a unidade com um levantamento de concepções prévias (CP1) dos estudantes sobre esses conceitos, sendo assim, será pedido para que os alunos escrevam no caderno o que eles entendem por elemento químico, átomo e substância, para posterior recolhimento pelo professor.

Levantamento de concepções prévias (CP1)

Escreva o que você entende por:

Elemento químico:

Substância:

Átomo:

Nessa atividade, pediremos para que alguns alunos compartilhem suas concepções com a classe, para que possamos verificar se houve ampliações conceituais por parte deles.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Após atividade CP1, utilizaremos o sistema conceitual abaixo, de forma que se possa trabalhar o significado de substância, materiais, constituintes e átomo.

MATÉRIA: FORMA DE APRESENTAÇÃO E SUA NATUREZA

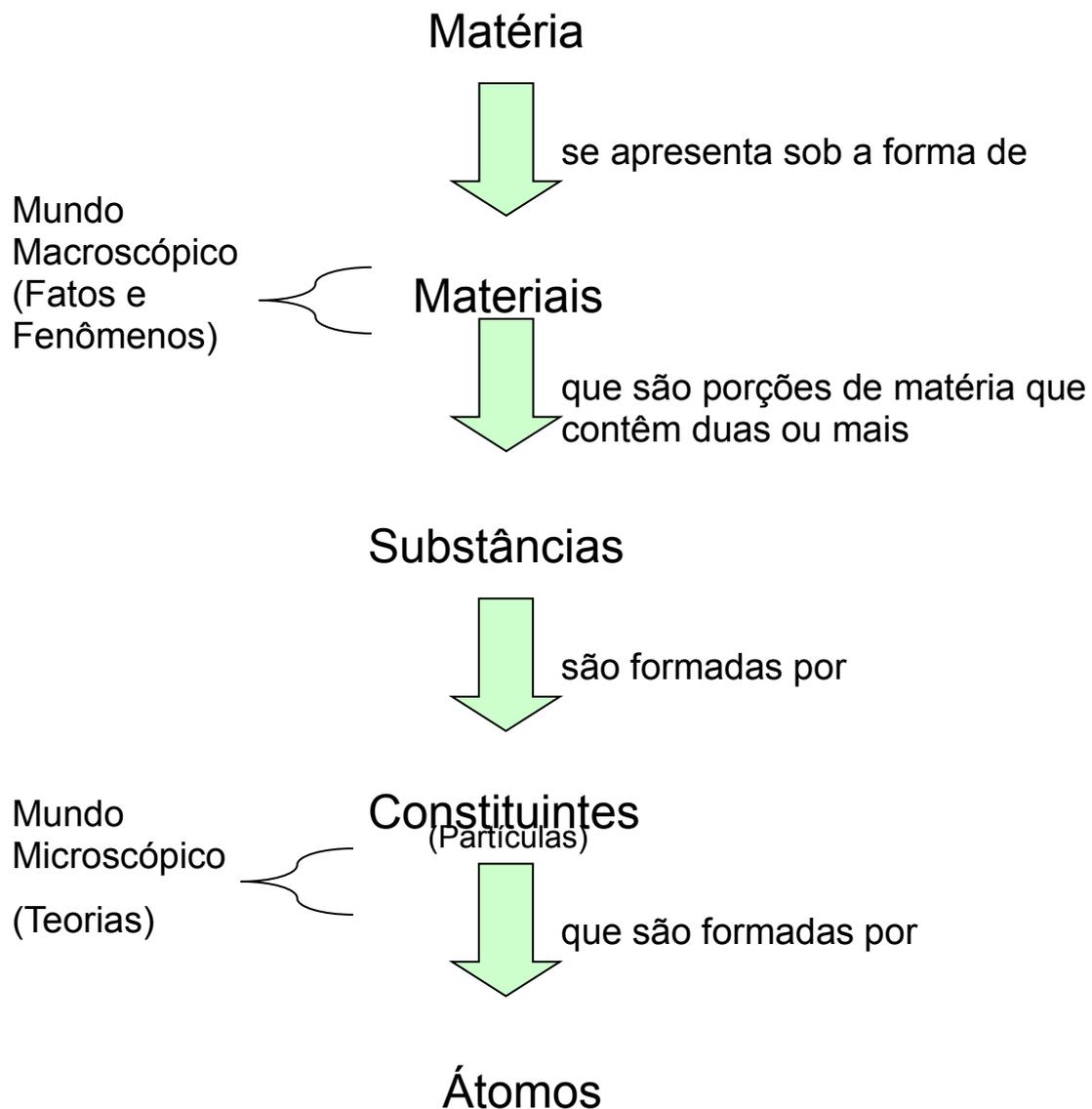


Figura 1: Sistema conceitual que trata da forma de apresentação da matéria (mundo macroscópico) e da natureza da matéria (mundo microscópico).

O sistema conceitual mostrado na Figura 1 se refere aos dois mundos da Química, o mundo macroscópico dos fatos e fenômenos, e o mundo microscópico das teorias. Começamos pelo mundo macroscópico, pois esse seria o caminho mais lógico, em que temos o conceito inicial de matéria. Matéria seria o conceito que

engloba praticamente tudo que está presente no nosso mundo, pois podemos conceituá-la como tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço. Em uma perspectiva clássica (não relativística), o nosso mundo se divide em matéria e energia, logo, tudo aquilo que não for energia (calor, luz, eletricidade, etc.) é matéria.

Podemos então perceber como é generalista o conceito de matéria, e justamente devido a essa característica que torna o conceito ineficiente quando se trata de diferenciar os objetos do nosso mundo. Aí é que entramos no segundo conceito do sistema, o conceito de material, que é a forma como a matéria se apresenta na natureza. Com o conceito de material, podemos diferenciar os diferentes objetos do mundo, pois os materiais possuem nomes e propriedades que os diferenciam. Por exemplo, temos o ar, um material gasoso nas CPTP¹ (Condições padrão de temperatura e pressão, $T = 273.15 \text{ K}$ e $P = 100000 \text{ Pa}$), transparente, com baixa densidade e sem cheiro. Temos também a água de torneira, um material líquido nas CPTP, transparente, de densidade média e sem gosto. Ou seja, a partir dos dois exemplos dados podemos perceber que tanto a água de torneira quanto o ar são matérias, ou seja, tem massa e ocupam lugar no espaço, porém, essa designação é muito pobre, pois não mostra as diferenças existentes. O conceito de material é utilizado então para trazer essa diferenciação, pois são diferentes porque são materiais diferentes, com nomes e propriedades diferentes.

Mas aí entra a pergunta: Por que são materiais diferentes, o que os diferencia? Para responder essa pergunta iremos usar o terceiro conceito do sistema conceitual, que é o conceito de substância. O sistema conceitual traz o conceito de material como porções de matéria formadas por duas ou mais substâncias. Como na natureza não é possível encontrar uma substância pura, dizemos que a matéria na natureza se apresenta na forma de materiais. Porém, por meio dos métodos de separação desenvolvidos pela Química, podemos separar de um mesmo material diversas substâncias. Tomemos o ar como exemplo, que é uma mistura de diversas substâncias como o nitrogênio, o oxigênio, o gás carbônico, o argônio, o metano, o vapor de água e outros gases ainda. Ou seja, o que dá as propriedades do ar são as substâncias que o compõem. No caso da água de torneira, temos que ela é formada

¹ Para evitar confusões, a IUPAC determinou que se estabeleça a pressão e a temperatura padrão para gases nos valores de 100000 Pa e $273,15 \text{ K}$ respectivamente, o que ficou denominado como CPTP, de forma a diferenciar das CNTP que estabelece valores de 101325 Pa e $273,15 \text{ K}$ (LOURENÇO e PONTES, 2007).

pela substância água, por sais minerais e por gases dissolvidos. Por isso que a água de torneira e o ar são diferentes, pois são formados por substâncias diferentes.

Sendo assim, o conceito de substância é um conceito chave dentro da Química, pois substância é aquilo que dá identidade para a matéria, ou seja, se pretendemos estudar a matéria, precisamos saber de que material se trata e quais substâncias formam o material. Podemos então concluir que Química é a Ciência que estuda as substâncias.

ATIVIDADE COM OS ALUNOS

A partir da Figura 1 será discutido principalmente o conceito de substância, diferenciando-o do conceito de material a partir de amostras de água da torneira, água destilada, açúcar mascavo e açúcar refinado. O objetivo aqui não é que o aluno saiba exatamente qual é uma substância e qual é um material, mas que ele saiba fazer a pergunta certa que o levará à resposta. Ao fazer isso, o aluno mostra que ele apresenta clareza conceitual. Sendo assim, sempre que surgir a pergunta: "Essa amostra é uma substância ou um material?" O aluno com clareza conceitual responderá algo próximo de "Depende, quantas substâncias tem nessa amostra? Se for mais de uma é um material, se for somente uma é substância". Com o tempo, espera-se que o aluno saiba reconhecer por si só quantas substâncias há em uma determinada amostra. A partir dessa ideia, podemos então trabalhar com os alunos cada uma das amostras, como por exemplo, a água de torneira e água destilada. A água de torneira se caracteriza por ser idêntica visualmente a água destilada, então precisamos recorrer a outros conhecimentos para saber qual das duas é substância ou material. Sabemos que as estações de tratamento de água adicionam uma substância chamada hipoclorito de sódio à água para matar micro-organismos, logo, podemos concluir que na água de torneira não há apenas a substância água. No caso da água destilada precisamos recorrer ao termo destilação que é um método de separação para se obter líquidos com alto grau de pureza. Logo, podemos concluir que na água destilada há somente a substância água.

No caso dos açúcares é mais fácil perceber visualmente quem é substância e quem é material, pois o açúcar mascavo não possui aspecto uniforme em toda sua

extensão, pois sua cor varia. Já o açúcar refinado possui a coloração branca em toda sua extensão, indicando que é uma substância pura.

Obs: Optou-se por trabalhar com açúcar refinado ao invés de sacarose e sal de cozinha ao invés de cloreto de sódio, pois ambos são fáceis de encontrar no mercado, ao contrário de sacarose e cloreto de sódio.

Após essa explicação das diferenças entre materiais e substâncias, será pedido que os alunos classifiquem as amostras trabalhadas como forma de avaliação da aprendizagem (AA1).

avaliação da aprendizagem 1 (AA1)

Classifique as amostras em substâncias ou materiais e justifique sua resposta:

água de torneira:

água destilada:

açúcar refinado:

açúcar mascavo:

sacarose:

Após a diferenciação do conceito de substância do conceito de material, será trabalhado o conceito de substância, em que uma amostra de açúcar refinado será comparada com uma amostra de sal de cozinha (para fins didáticos consideraremos que o sal de cozinha e o açúcar refinado são formados por uma substância, sacarose e cloreto de sódio respectivamente). Ao compararmos essas duas substâncias, veremos que possuem propriedades diferentes, como sabor e capacidade de conduzir corrente elétrica, quando dissolvidos em água. A partir das diferenças de propriedades, o conceito de substância ficará mais fácil de entender, pois possuem propriedades diferentes porque são substâncias diferentes. Será então pedido que os alunos reescrevam o significado de substância, com base no que foi visto durante a aula, como forma de avaliar se houve aprendizagem (AA2) e assim, verificar se houve mudança com relação a CP1 Para isso sugere-se que se comparem as duas atividades de forma a mostrar para os alunos a evolução de suas respostas.

Avaliação da aprendizagem 2 (AA2)

observações feitas em aula:

- O sal de cozinha e açúcar refinado possuem propriedades diferentes porque são substâncias diferentes.

- Os materiais são diferentes porque são formados por substâncias diferentes.

Reescreva o que você entende por substância.

Após essa primeira parte em que tratamos do mundo macroscópico, vamos para o mundo microscópico em que falaremos de átomos e elementos químicos.

TEXTO PARA O PROFESSOR

Na segunda parte do sistema conceitual, mostrado na Figura 1, o mundo microscópico das teorias se trata de um mundo do qual não é possível acesso direto, ou seja, só podemos acessá-lo por meio do pensamento. Mas qual é a necessidade de um mundo do qual não temos nenhum tipo de observação direta, o qual nem podemos provar que existe? A resposta dessa pergunta é fruto de centenas de anos de evolução da Ciência Química, pois para muitos cientistas não foi algo fácil aceitar esse mundo. Sabe-se que as substâncias são diferentes, que elas possuem propriedades diferentes, mas saber por que existem essas diferenças foi uma questão que intrigou muitos cientistas ao longo da história. John Dalton, ao defender a teoria atômica proposta pelos gregos, se utilizou da imaginação e do pensamento para propor explicações para os fenômenos observados na época. Assim, os átomos voltam como entidades de um mundo abstrato, existentes exclusivamente na cabeça daqueles que acreditavam neles, pois eles podiam explicar uma série de fenômenos até então sem explicação. Define-se átomo então, dentro do sistema conceitual, como entidade do constituinte das substâncias formada por um núcleo positivamente carregado e uma eletrosfera negativamente carregada, conforme apresentado na página 53 da dissertação.

Espera-se que o aluno saiba reconhecer os símbolos dos átomos dentro de um constituinte de uma substância. Então, a partir das nossas amostras de substâncias (água destilada, sacarose e sal de cozinha) iremos proceder uma análise até os átomos que formam os constituintes dessa substância.

Substância	Constituinte	Átomos
Sal de cozinha	NaCl	1 átomo de Sódio (Na) 1 átomo de Cloro (Cl)
Açúcar refinado	$C_{12}H_{22}O_{11}$	12 átomos de Carbono (C) 22 átomos de Hidrogênio (H) 11 átomos de Oxigênio (O)

Tabela 1: Tabela de análise das substâncias água destilada, sal de cozinha e açúcar refinado.

Para o conceito de elemento químico, usaremos a história para mostrar como se deu a evolução desse conceito.

Elementos como princípios formadores (gregos e alquimistas);

Os gregos concebiam os elementos como princípios formadores de tudo, ou seja, terra, fogo, água e ar estariam presentes na composição de todas as coisas do universo.

Elemento químico como substância simples (Boyle e Lavoisier);

Com o declínio da alquimia e o surgimento da Química como Ciência, elemento químico passou a significar substância simples pois eram elementares e não podiam ser decompostas em outras substâncias. Ex: gás oxigênio e gás hidrogênio.

Elemento químico como átomo (Mendeleiev);

Mendeleiev estudando os diferentes óxidos, concluiu que eles possuíam propriedades diferentes porque eram formados por átomos diferentes, logo o átomo seria a entidade mais importante da matéria. Mendeleiev então definiu elemento químico como átomo. Ex: átomo de oxigênio (O), átomo de hidrogênio (H).

Elemento químico como definido atualmente.

Com o estudo da radioatividade observou-se que havia átomos iguais com massas diferentes, logo elemento químico deixou de ser apenas um átomo e passou a designar um tipo de átomo, caracterizado por um nome e um símbolo e um número atômico.

Ex: Os átomos $^1\text{H}_1$, $^2\text{H}_1$, $^3\text{H}_1$ pertencem ao elemento químico hidrogênio, pois todos possuem o número atômico 1.

Os átomos $^{12}\text{C}_6$, $^{13}\text{C}_6$, $^{14}\text{C}_6$ pertencem ao elemento químico carbono, pois todos possuem número atômico 6.

ATIVIDADE COM OS ALUNOS

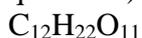
Faremos uma avaliação sobre o que ficou entendido para os alunos após essa parte da aula, pedindo mais uma vez que eles reescrevam o que entenderam por átomos e elementos químicos (AA2).

Avaliação da aprendizagem 3 (AA3)

Observações feitas em sala:

- Os constituintes das substâncias são formados por átomos.
- Os átomos $^1\text{H}_1$, $^2\text{H}_1$, $^3\text{H}_1$ pertencem ao elemento químico hidrogênio.

A partir dos constituintes abaixo, indique quantos átomos e tipos de átomos (elementos químicos) estão presentes, apresentando seus nomes:



Reescreva o que você entende por:

Átomo:

Elemento químico:

O conceito de elemento químico não é fácil de ser entendido e não se espera que os alunos aprendam na primeira explicação. O que se espera dessa aula é que eles fiquem atentos para qualquer texto em que apareça o termo "elemento químico" e que eles saibam quando o uso está incorreto. Para isso, é necessário que eles tenham um entendimento do que significa átomo e substância, pois geralmente o termo elemento químico aparece como sinônimo desses dois últimos conceitos.

A avaliação dessa unidade será um estudo dirigido (ED1), que cobrará principalmente se os alunos conseguiram se apropriar dos conceitos de substâncias (pela diferenciação dos materiais), átomos (como formadores dos constituintes) e elementos químicos (pela identificação de usos errôneos do conceito).

Essa aula foi programada para caber em uma aula dupla (aproximadamente 1h e 30min), em que a primeira aula (45 minutos) seria dedicada ao mundo macroscópico e a segunda aula (45 minutos) ao mundo microscópico.

Estudo dirigido 1 (ED1)

1) Nas amostras abaixo, identifique se são substâncias ou materiais:

- a) Ar (mistura gasosa que contém o gás nitrogênio e o gás oxigênio principalmente)
- b) Água com sal
- c) Barra de alumínio puro
- d) Álcool etílico hidratado
- e) Barra de ferro puro
- f) Amostra de gás oxigênio puro
- g) Água destilada
- h) Madeira (mistura complexa que tem a celulose em maior quantidade)
- i) Barra de zinco puro
- j) Plástico (mistura complexa com várias substâncias)

2) A partir de algumas substâncias, apresente os constituintes e os átomos que formam esses constituintes na tabela abaixo:

Substância	Constituinte	átomos
Gás oxigênio		
Gás carbônico		
Água destilada		

3) Analise as frases abaixo e verifique se o uso do termo elemento químico está de acordo com a definição atualmente aceita para o termo. Nos casos em que o uso estiver errado, indique se o termo foi usado como substância ou como átomo.

a) "Trata-se de um metal que possui pouca utilidade prática quando puro. Mas, misturado com determinados **elementos químicos** como carbono, manganês, cromo, níquel, vanádio, molibdênio ou titânio, obtêm-se ligas com propriedades extremamente úteis, que fazem do ferro o metal mais empregado pela nossa civilização" (CANTO, 2004, p. 75).

b) "Na crosta terrestre, o ferro só é encontrado combinado com outros **elementos**" (CANTO, 2004, p. 74).

c) "Os cientistas do século XIX rapidamente perceberam como os **elementos químicos** apresentam propriedades muito variadas" (PERUZO, CANTO, 2003, p 114)

d) "A partir de 1940, começaram a ser obtidos, artificialmente, **elementos** com números atômicos maiores que 92 [...]" (MORTIMER, MACHADO, 2011, p. 155)

e) "Afim, os vegetais são constituídos de substâncias formadas por átomos de vários **elementos químicos** retirados do solo" (SANTOS, MOL, 2010, p. 214)

UNIDADE 2 - OS METAIS

Nessa unidade estudaremos alguns metais, como o ferro, o zinco, o alumínio e o cobre, por serem metais de fácil obtenção, não tóxicos e conhecidos por todos. O objetivo é que o estudante perceba as diferenças entre substâncias simples, substâncias compostas e átomos de diferentes elementos químicos. Então, com o auxílio da tabela periódica, o estudante deverá saber reconhecer as propriedades referentes aos diferentes conceitos (substâncias e átomos).

Iniciaremos essa unidade distribuindo a tabela periódica presente no ANEXO deste módulo, para que os alunos possam consultá-la durante as atividades. Em seguida, começaremos o trabalho para que eles possam aprender a diferenciar substâncias simples de substâncias compostas. Para isso, serão mostradas algumas amostras dos metais que pretendemos trabalhar nessa unidade (ferro, alumínio, zinco e cobre), e em seguida, será feito o levantamento de concepções prévias (CP2) dos alunos a respeito da origem desses metais.

Levantamento de concepções prévias 2 (CP2):
De onde vêm os metais apresentados (ferro, alumínio, zinco, cobre)?

Em seguida, serão mostradas amostras dos minérios dos respectivos metais apresentados (hematita, bauxita, hemimorfita e malaquita). Será perguntado aos alunos então se existe alguma coisa em comum entre esses minérios e os metais que foram mostrados. Obviamente pela simples inspeção visual, os alunos dirão que os metais e os minérios não apresentam nada em comum. Mostraremos então a fórmula química de cada uma das amostras e perguntaremos se pela fórmula é possível identificar algo em comum.

Metal	Constituinte do metal	Minério	Constituinte do minério
Ferro	Fe	Hematita	Fe_2O_3
Alumínio	Al	Bauxita	Al_2O_3
Zinco	Zn	Hemimorfita	$\text{Zn}_4\text{Si}_3\text{O}(\text{OH})_2$
Cobre	Cu	Malaquita	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})$

Tabela 2: Tabela com fórmulas dos metais e dos minérios

A partir das fórmulas da Tabela 2, espera-se que os alunos consigam enxergar que tanto os constituintes dos metais quanto dos minérios possuem o átomo de um elemento químico em comum. A partir daí poderemos fazer a diferenciação entre substâncias simples e substância composta.

Substâncias simples:

Substâncias cujos constituintes são formados por átomos de apenas um elemento químico. Ex: Fe, Al, Zn, Cu

Substâncias compostas:

Substâncias cujos constituintes são formados por átomos de mais de um elemento químico. Ex: Fe₂O₃, Al₂O₃, Zn₄Si₃O(OH)₂, Cu₂CO₃(OH)

Mas agora fica a pergunta: Como é possível obter o metal a partir do seu minério? Será que esse é um processo de simples extração?

FERRO

O ferro na tabela periódica

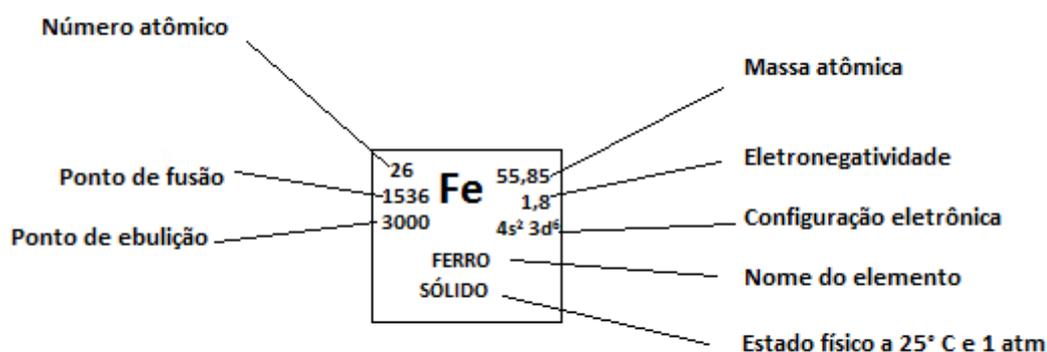


Figura 2: O elemento químico ferro como aparece na tabela periódica, com as propriedades da substância simples ferro e do átomo de ferro.

ATIVIDADES COM OS ALUNOS

Antes de estudarmos as propriedades do ferro, iremos estudar como o ferro aparece na tabela periódica, como vemos na Figura 2. A tabela periódica é um

instrumento de consulta que apresenta diversas propriedades, não sendo necessário decorá-la, apenas entender como obter as informações. Na figura acima vemos algumas informações sobre o ferro na forma de substância simples, e sobre o átomo de ferro. Nessa etapa da aula será feito o preenchimento da Tabela 3 com os alunos, de modo que eles percebam que algumas propriedades só podem se referir à substância simples, e que outras só podem se referir ao átomo.

Propriedades referentes à substância simples (barra de ferro)	Propriedades referentes ao átomo de ferro

Tabela 3: Tabela com a distribuição das propriedades das substâncias de ferro e do seu átomo

Conforme vimos na Figura 2, algumas propriedades apresentadas na tabela periódica se referem a diferentes tipos de ferro, no entanto, essas propriedades não estão explicitadas a qual tipo de ferro se refere. Cabe ao leitor da tabela saber diferenciar. Propriedades físicas como, ponto de fusão, ponto de ebulição e estado físico na temperatura ambiente se referem à barra de ferro. Já as propriedades como número atômico, massa atômica, configuração eletrônica e eletronegatividade são consideradas microscópicas. Como são microscópicas, não são passíveis de observação, são construções teóricas, logo se referem ao átomo de ferro, que também é uma construção teórica. E quanto ao elemento químico? O nome da tabela é "Tabela Periódica dos elementos químicos", mas quais atributos são associados ao elemento químico? Os únicos atributos associados ao elemento químico são o nome do elemento, o símbolo do elemento e o número atômico de seus átomos.

Mas há quanto tempo o homem conhece o ferro?

- Um pouco de história

O ferro metálico (substância simples) é um dos metais que são utilizados há mais tempo pelo homem. No entanto, o ferro não existe na natureza na forma de substância simples, de modo que as primeiras utilizações do ferro pelo homem se deram devido a meteoritos contendo ferro metálico em sua composição. Segundo evidências arqueológicas, o primeiro povo a dominar a técnica de obtenção de ferro a partir de seus minérios foram os hititas, povo este que habitou a região da Ásia Menor (atual Turquia) por volta de 1500 a.C. Com o fim desse império, os segredos da obtenção do ferro chegaram na Europa e deram início a chamada idade do ferro (cerca de 1500 a. C. a 1000 d. C.). A idade do ferro foi o período da história da humanidade em que os povos passaram a utilizar o ferro na confecção de armas, armaduras e utensílios em substituição ao bronze, pois o ferro era um metal mais resistente, além do que as armas feitas de ferro mantinham o fio por mais tempo (CANTO, 2004).

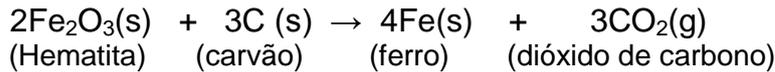
- Formas de obtenção

Na indústria siderúrgica não se produz ferro como substância pura, pois o ferro apresenta baixa dureza, o que dificultaria o seu uso para certos fins. Sendo assim, o ferro já sai da indústria sobre a forma do material aço. O aço é uma liga metálica formada por uma mistura das substâncias simples ferro e carbono, e que apresenta qualidades superiores de uso ao do ferro puro. No entanto, por questões didáticas, vamos tratar o aço como ferro.

Com o estudo da história do ferro cabe uma pergunta: Se o ferro metálico não era obtido diretamente por extração, então como os povos antigos conseguiram obtê-lo? E indo mais além: Como se obtém o ferro metálico hoje em dia?

Salvo as diferenças tecnológicas, a forma de obtenção do ferro metálico dos povos antigos é essencialmente a mesma de hoje em dia. Há na crosta terrestre um minério chamado hematita (recurso mineral que possui entre outras substâncias o óxido de ferro), que ao ser colocado em fornos com altas temperaturas e misturado com carvão, passa por uma reação química, cujo produto é o ferro metálico. Ou seja,

a hematita não contém o ferro metálico em sua composição, mas sim uma substância composta cujos constituintes são formados por átomos de ferro e de oxigênio, de forma que é necessário reagir quimicamente essa substância (óxido de ferro) com carvão, de modo a se obter o ferro metálico. O processo é representado segundo a seguinte reação:



Agora que mostramos como o ferro pode ser obtido, podemos avaliar se houve mudança de concepção por parte dos alunos refazendo a pergunta de como se obtêm a maioria dos metais. Chamaremos essa atividade de Avaliação da Aprendizagem 4 (AA4).

Avaliação da Aprendizagem 4 (AA4):

A partir da equação de obtenção do ferro a partir da hematita e do conceito de reação química, como é possível obter o ferro na forma de substância simples?

Com o estudo das formas de obtenção do ferro e da sua história, podemos agora realizar algumas experiências que abordam algumas propriedades do ferro substância simples, substância composta e de como se explica essas propriedades a partir do estudo do átomo de ferro.

- Experiências:

Corrosão do ferro

Levantamento de concepções prévias 3 (CP3):

Como impedir que os portões de ferro das casas enferrujem?

Apesar das grandes vantagens que o ferro apresenta na fabricação de carros, portões de casas, navios, etc., ele também apresenta uma grande desvantagem, como veremos no experimento a seguir:

Materiais:

Pregos de ferro tamanho grande

Copos de plástico transparente

Água da torneira

Tinta Spray para pintar metais

Em um copo de plástico transparente com água, coloca-se um prego de ferro e em outro copo de plástico transparente com água, coloca-se um prego de ferro pintado com *tinta spray* para metais.

Observação macroscópica

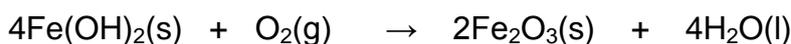
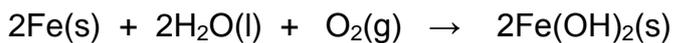
. Passado um dia que esses dois pregos ficaram em contato com a água, é possível perceber que o prego não pintado apresenta uma camada avermelhada sobre ele, ao passo que o prego pintado não.

Interpretação microscópica

Essa camada vermelha é o que chamamos de ferrugem e ela é o produto de uma reação química entre o ferro, a água e o gás oxigênio presente na atmosfera. Quando se pinta o ferro, impede-se que o oxigênio e a água entrem em contato com o ferro, impedindo assim a ferrugem.

Expressão representacional

O processo de ferrugem é representado segundo as seguintes equações:



Interface CTS

A ferrugem é composta por diversos compostos, portanto, um material, e se caracteriza por ser um sólido que se esfarela com facilidade, de forma que ela se desprende do ferro, o que com o tempo, levaria ao desgaste do material feito de ferro. Já no prego pintado, não ocorreu a formação de ferrugem, pois a tinta atua como uma barreira que impede o contato do ferro com a água e o gás oxigênio do ar.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento gera poucos resíduos, uma vez que o prego pintado pode ser guardado e reaproveitado e o prego enferrujado pode ser lixado com palha-de-aço e reutilizado. A palha-de-aço com a ferrugem pode ser descartada no lixo doméstico por se tratar de um material de baixa toxicidade.

Esse experimento nos mostra o motivo de se pintar (além da questão estética) objetos feitos de ferro (como navios, pontes suspensas e carros), pois na maioria das vezes se trata de objetos que não podem ser danificados com a ferrugem, pois além do prejuízo material, há ainda o risco de acidentes.

Será feita a avaliação da aprendizagem (AA5) com a reformulação da resposta da CP3 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 5 (AA5):

Como é possível impedir que os portões de ferro das casas enferrujem?

As substâncias, cujos constituintes possuem átomos de ferro, antes e depois da reação química são simples ou compostas? Justifique.

Reatividade do ferro

Levantamento de concepções prévias 4 (CP4):

O que você entende pelo termo "cal"?

Apesar de o ferro enferrujar com facilidade, comparado a outros metais, ele apresenta uma baixa reatividade como demonstrado no experimento a seguir:

Materiais:

Pedaço de palha-de-aço

Lamparina a álcool

Tiras de magnésio

Procedimento experimental

Pega-se uma pequena quantidade de palha-de-aço (o aço é um material que possui ferro como a substância em maior quantidade) e coloca-se fogo nela com o

auxílio de uma lamparina e, em seguida, faz-se o mesmo procedimento com um pedaço de magnésio metálico de forma a contrapor as duas observações.

Observação macroscópica

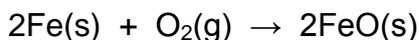
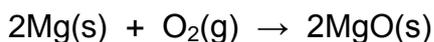
Não é difícil perceber que o magnésio é um metal bem mais reativo do que o ferro, fato evidenciado pela grande liberação de luz na reação de combustão do magnésio. Já na combustão do ferro, observa-se que ela ocorre de maneira lenta, com baixa liberação de luz.

Interpretação microscópica

A diferença observada entre os dois metais é explicada pela diferença de reatividade dos metais com o gás oxigênio, de forma que os metais que reagem mais fortemente com o gás oxigênio são os metais que se encontram no lado esquerdo da tabela periódica e os metais que reagem de forma mais branda, se encontram do lado direito da tabela.

Expressão representacional

As reações são representadas segundo as seguintes equações:



Interface CTS

A reação dos metais com o gás oxigênio era chamada pelos alquimistas de calcinação de um metal e os produtos dessa calcinação (óxidos metálicos) eram genericamente chamados de cal. Lavoisier, a partir de reações de calcinação, demonstrou a importância do gás oxigênio na combustão, derrubando assim a teoria do flogístico.

Tratamento dos resíduos

Recomenda-se que se utilize pequenas quantidades de palha-de-aço e de magnésio, pois o experimento será realizado uma vez para cada turma. Após o experimento sobrarão alguns resíduos (óxido de ferro e óxido de magnésio) que podem ser descartados no lixo doméstico por se tratar de substâncias com baixa toxicidade.

Será feita a avaliação da aprendizagem 6 (AA6) com a reformulação da resposta da CP4 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 6 (AA6)

Com base no experimento, o que você entende por cal?

Sabendo que o magnésio é mais reativo do que o ferro, consulte a tabela periódica e responda: Quem é mais reativo o metal potássio ou o metal cobre? Justifique sua resposta.

Imantação do ferro

Levantamento de concepções prévias 5 (CP5):

Como se explica o funcionamento de um ímã?

Os ímãs são conhecidos pelo homem há bastante tempo, no entanto, sua curiosa propriedade de atrair certos objetos (magnetismo) não é compreendida pela maioria das pessoas. Esse experimento visa então, tentar clarear essa questão.

Materiais:

Chave de fenda grande

Clips metálicos

Pedaço de ímã permanente

Procedimento experimental

Aproxima-se a chave de fenda não imantada a clips metálicos, em seguida, desliza-se um pedaço de ímã permanente sobre essa chave, sempre no mesmo sentido e sempre com a mesma parte do ímã. Em seguida, Aproxima-se a chave de fenda aos clips metálicos de novo de modo a observar o que acontece. Por último,

desliza-se o lado oposto do imã ao do procedimento anterior, no sentido contrário, sobre a chave de fenda, aproximando-a aos clips metálicos mais uma vez.

Observação macroscópica

Observa-se que a chave de fenda, inicialmente, não atraía os clips metálicos, após deslizar o imã algumas vezes sobre a ferramenta, ela passa a atrair os clips metálicos processo esse denominado de imantação. E após deslizar algumas vezes o lado oposto do imã sobre a chave de fenda no sentido contrário, observa-se que a chave de fenda não atrai mais os clips metálicos.

Interpretação microscópica

Desde muito tempo atrás, sabia-se que existiam certos materiais (imãs) que eram capazes de atrair certos objetos metálicos. No entanto, a explicação desse fenômeno como se conhece hoje só veio com o desenvolvimento da mecânica quântica como tentativa de explicar a estrutura do átomo. Segundo essa teoria, os elétrons dos átomos possuem como propriedade intrínseca a capacidade de gerar campos magnéticos, essa propriedade do elétron é conhecida como *spin* e dessa forma, o elétron atua como um minúsculo imã. No entanto, existem duas possibilidades de campos magnéticos que o elétron pode gerar, um campo com sentido oposto do outro. Foi feito um análogo entre o sentido do campo magnético gerado pelo elétron com um movimento de rotação efetuado pelo elétron. Se um elétron gera um campo em um sentido, seria porque ele gira em uma determinada direção e se ele gera um campo magnético em um sentido oposto, seria porque ele estaria girando em direção contrária. Porém existem problemas teóricos em se admitir que o elétron gire, mas por razões históricas o termo girar, do inglês *spin*, ficou consagrado (PEIXOTO, 1988). Se em um átomo houver mais elétrons que gerem um campo magnético em um determinado sentido em detrimento do sentido oposto (*spins* desemparelhados), há a formação de um campo magnético resultante e então dizemos que a substância é paramagnética, ou seja, ela é capaz de ser atraída por um imã. Se para cada elétron gerando um campo magnético em um sentido houver um elétron gerando um campo magnético no sentido contrário (*spins*

emparelhados), então a substância formada por aqueles átomos será diamagnética, ou seja, não será atraída por ímãs. Por outro lado, ainda temos substâncias que são ímãs permanentes (ferromagnéticas), que são explicadas por possuírem *spins* desemparelhados e, além disso, cada campo magnético gerado influencia o campo magnético gerado por outros elétrons, de forma que esses campos ficam todos alinhados em uma mesma direção.

Ao se deslizar um ímã permanente sobre uma substância paramagnética (ferro da chave de fenda) ocorre a imantação, que é explicada como a orientação de todos os *spins* em uma mesma direção, tornando o objeto de ferro um ímã. E ao se deslizar o outro lado do ímã em sentido oposto, perde-se o magnetismo da barra de ferro, processo que é explicado pela desorientação dos *spins* dos átomos de ferro, tornando-o novamente uma substância paramagnética comum.

Expressão representacional

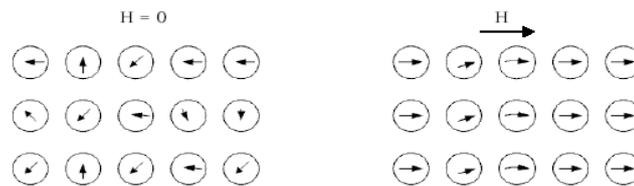


Figura 3: Orientações dos *spins* dos elétrons nos átomos de uma substância que não é um ímã permanente (esquerda) em comparação com uma que é um ímã permanente (direita).

Interface CTS

Os ímãs são materiais bastante conhecidos pelas pessoas e são extremamente importantes, pois sem eles não teríamos motores elétricos, como o do liquidificador e do secador de cabelo. Há no carro um aparelho chamado de alternador, que é responsável pelo recarregamento da bateria do automóvel. Esse aparelho só existe graças à existência de um ímã que ao ser movimentado perto de uma bobina, produz a corrente elétrica necessária para recarregar a bateria do automóvel.

Como dito anteriormente a magnetização é um fenômeno conhecido há muito tempo, mas somente com o advento da mecânica quântica foi possível dar a explicação atualmente aceita para esse fenômeno, sendo assim, de acordo com a

teoria, a configuração eletrônica é o que determina se um material é magnético ou não. E como essa é a teoria atualmente aceita, vemos aí a importância de se estudar a configuração eletrônica dos átomos que formam os constituintes das substâncias.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento não gera nenhum resíduo, pois todos os materiais utilizados (chave-de-fenda, imã e clips) podem ser reutilizados em futuras experiências.

Será feita a avaliação da aprendizagem 7 (AA7) com a reformulação da resposta da CP5 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 7 (AA7)

Como se explica o funcionamento de um imã?

Consulte, na tabela periódica, a distribuição eletrônica dos átomos abaixo e diga se são paramagnéticos ou diamagnéticos. Justifique sua resposta.

- Manganês

- Zinco

Qual dos dois metais podem ser imantados? Justifique.

Cobre

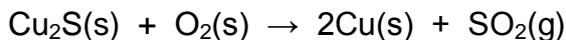
- Um pouco de história

O cobre foi o primeiro metal a ser utilizado pelo homem junto com a prata e o ouro, havendo indícios de seu uso para a fabricação de armas, moedas e utensílios há pelo menos 7000 anos, em uma época denominada idade do cobre. No entanto, o marco da utilização do cobre pelo homem se deu quando se passou a misturá-lo com outro metal a fim de obter uma liga metálica, o bronze. Esse período na história da civilização é denominado idade do bronze e se caracterizou pela substituição dos objetos feitos de cobre por objetos feitos de bronze (cerca de 3000 a. C. a 1500 a. C). Essa substituição foi feita, pois o bronze apresentava vantagens em relação ao

cobre, como a maior resistência, maior facilidade em modelar e as armas feitas com essa liga mantinham o fio por mais tempo. Tratava-se de um material caro, devido ao alto preço do cobre e do estanho, além da arte envolvida na fundição e modelagem da liga, de forma que a posse de objetos e armas de bronze era símbolo de *status* e poder (CANTO, 2004).

- Formas de obtenção

O cobre pode ser encontrado na natureza na forma metálica, o que provavelmente facilitou bastante a sua utilização pelos povos antigos. Mas sua principal forma de obtenção é por meio de seus minérios (malaquita e calcosita), processo este que já havia sido dominado em 5000 a.C. No caso da calcosita (Cu_2S), se aquece o minério em presença do gás oxigênio, de forma que os produtos dessa reação seriam o cobre metálico e o dióxido de enxofre (SO_2). Processo representado de acordo com a equação abaixo:



O gás dióxido de enxofre é extremamente poluente, sendo um dos causadores do fenômeno da chuva ácida, de forma que cabe à indústria metalúrgica não deixar esse gás escapar para a atmosfera. Uma solução economicamente viável seria o aproveitamento desse gás para produzir ácido sulfúrico. O cobre é utilizado principalmente na fabricação de fios elétricos (devido a sua alta condutividade elétrica), na fabricação de moedas e na produção de ligas metálicas, como o bronze (cobre misturado com estanho) e o latão (cobre misturado com zinco) (CANTO, 2004).

- Experimentos

Azinhavre

Levantamento de concepções prévias 6 (CP6) É seguro cozinhar em panelas de cobre?
--

Era um costume comum no tempo de nossas avós, cozinhar em grandes tachos de cobre, pois supostamente, a comida feita em tais tachos possuíam um gosto diferente, muito apreciado por algumas pessoas. Mas será que essa prática é livre de riscos? Veremos no experimento a seguir:

Materiais:
 Pedaco de cobre
 Copo de plástico transparente
 Vinagre

Procedimento experimental

Coloca-se um pedaco de cobre em um copo de plástico transparente com vinagre, de forma que o metal fique parcialmente submerso.

Observação macroscópica

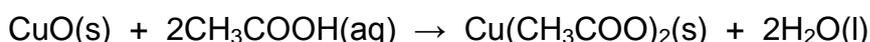
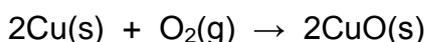
Ao observarmos o que aconteceu passado alguns dias, veremos a formação de um material esverdeado na superfície do cobre que se encontra na interface vinagre-ar.

Interpretação microscópica

Esse material esverdeado é produto de uma reação entre o cobre, o ácido acético (do vinagre, aqui representando alimentos ácidos), o gás oxigênio do ar, o gás carbônico e a água, sendo denominado azinhavre, formado pelas substância diidróxicarbonato de cobre II, acetato de cobre e óxido de cobre, portanto, trata-se de um material tóxico para o ser humano se ingerido.

Expressão representacional

O processo é representado segundo as equações abaixo:



Interface CTS

Dessa forma, se uma panela for feita de cobre, ela mais cedo ou mais tarde irá formar o azinhavre, que será ingerido. Ou seja, apesar de ser uma prática que hoje em dia não é tão comum, ainda há regiões do país em que se utilizam tachos de cobre com bastante frequência, o que pode acarretar problemas de saúde para várias pessoas. Conclui-se então que o azinhavre é o motivo pelo qual não devemos cozinhar em tachos de cobre.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento pode ser realizado apenas uma vez e apresentado para todas as turmas, de modo a reduzir a quantidade de resíduo gerado. Recomenda-se ainda colocar pouco vinagre em contato com o cobre, pois assim se gera menos resíduo, que é reconhecidamente tóxico (substâncias que formam o material azinhavre). Seguindo essas recomendações pode-se descartar o azinhavre formado na pia, pois se trata de uma quantidade muito baixa.

Será feita a avaliação da aprendizagem 8 (AA8) com a reformulação da resposta da CP6 e com algumas perguntas que avaliam a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 8 (AA8)

É seguro cozinhar em panelas de cobre?

Analise os constituintes para cada substância presente no azinhavre e faça o que se pede abaixo:

Quais são as substâncias presentes no azinhavre?

Quantos átomos diferentes estão presentes em cada constituinte?

Quantos tipos de átomos (elementos químicos) estão presentes em cada constituinte?

Quais são os nomes desses elementos químicos?

As substâncias presentes no azinhavre são substâncias simples ou compostas? Justifique.

Deposição espontânea do cobre

Levantamento de concepções prévias 7 (CP7)

Em uma situação em que pintar não é uma opção, como proteger um metal da ferrugem?

O metal mais utilizado na nossa sociedade é o ferro, no entanto, nos deparamos com objetos que aparentam ser de outros metais, como por exemplo as moedas de 5 centavos, que apresentam uma cor avermelhada como o cobre. Mas será que se utiliza um metal nobre como o cobre na confecção de moedas? Veremos a resposta no experimento a seguir.

Materiais:
Pregos de ferro
Solução aquosa de sulfato de cobre
Copo de plástico transparente

Procedimento experimental

Coloca-se um pouco de solução de sulfato de cobre no copo de plástico e, em seguida, coloca-se os pregos de ferro dentro do copo, de modo que os pregos fiquem submersos até metade da sua altura. Após aproximadamente 10 segundos, retire os pregos de ferro.

Observação macroscópica

Após retirar os pregos, observa-se que eles apresentavam uma coloração cinza e passarão a apresentar uma coloração avermelhada típica do cobre.

Interpretação microscópica

Os metais apresentam uma hierarquia no que se refere a sua capacidade de permanecer sob a forma de substância simples. Quanto maior for a tendência do metal permanecer na forma de substância simples, menor é sua reatividade. Essa tendência pode ser explicada por uma propriedade dos metais chamada de potencial de redução. Metais cujos constituintes são formados por átomos que perdem elétrons com facilidade são considerados metais muito reativos (alumínio e zinco) com baixo potencial de redução. Metais cujos constituintes são formados por átomos que não perdem elétrons com facilidade são considerados metais pouco reativos

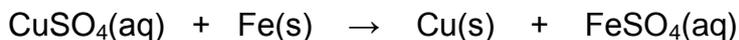
(ouro e platina), com alto potencial de redução. Entre o cobre e o ferro, o cobre é considerado mais nobre, logo, há maior tendência por parte dele em permanecer na forma de substância simples. Quando se tem uma solução de sulfato de cobre em contato com o metal ferro, ocorre uma reação química chamada deposição espontânea. Isso ocorre, porque o cobre é um metal mais nobre do que o ferro, logo, o cobre tem maior tendência de permanecer na forma de substância simples do que o ferro possuindo assim menor potencial de oxidação do que o ferro. Assim, o sal do metal mais nobre (CuSO_4) se transforma em substância simples (Cu) e o metal menos nobre (Fe) se transforma em um sal, uma substância composta (FeSO_4).

Na tabela periódica é fácil comparar a nobreza de metais que se encontram em lados opostos da tabela, como o metal magnésio e o metal ferro do experimento realizado anteriormente, pois os metais da direita são todos mais nobres do que os da esquerda da tabela. No entanto, quando se trata de comparar metais que se encontram à direita da tabela, é necessário consultar a tabela com potenciais de redução de cada metal para saber qual metal é mais nobre. Para entender essa tabela de potenciais de redução é necessário conhecimentos de eletroquímica, que fogem do escopo desse trabalho. Assim, apresentaremos a escala de reatividade dos metais, que foi construída com base na tabela de potenciais de redução.

K>Rb>Cs>Sr>Ca>Na>Mg> Al>Mn>Zn>Cr>Fe>Co>Ni>Pb>Cu>Hg>Ag>Pd>Pt>Au
 ----->

(diminuição da reatividade)

Expressão representacional



Interface CTS

Essa reação é conhecida há muito tempo, pelos antigos estudiosos da matéria, os alquimistas. Eles acreditavam estar realizando uma transmutação de um metal menos nobre, o ferro, para um metal mais nobre, o cobre. Para eles, a hierarquia de nobreza dos metais se referia a capacidade dos metais de

permanecerem sadios e não ficarem doentes (ferrugem). Sendo assim, um alquimista acreditava estar trabalhando no aperfeiçoamento da natureza quando conseguia transformar um metal pouco nobre (ferro) em um metal mais nobre (cobre). Com o aperfeiçoamento da natureza, o alquimista acreditava estar aperfeiçoando a si mesmo e assim, conseguir chegar a um estado em que ele viveria para sempre. Com o passar do tempo e o advento da Química, novas teorias foram formuladas para explicar o fenômeno observado, de modo que esse conhecimento é utilizado para cobrir metais pouco nobres com metais mais nobres, ou para proteger da ferrugem, ou por uma questão estética. Vemos isso nas moedas, por exemplo, que são de ferro banhadas a cobre, ou as peças de aço cromado, que são banhadas com cromo.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento apresenta uma toxicidade elevada inicialmente (solução de sulfato de cobre), no entanto, pode-se utilizar a solução de sulfato de cobre durante vários experimentos até que a concentração de íons de cobre (Cu^{2+}) vá reduzindo da solução e a concentração de íons de ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+}) vá aumentando. Assim, com o passar do tempo e reutilização da mesma solução, há uma redução da toxicidade da solução, até que ela fique transparente e possa ser descartada na pia, devido a baixa toxicidade.

Será feita a avaliação da aprendizagem 9 (AA9) com a reformulação da resposta da CP7 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 9 (AA9)

Em uma situação em que pintar não é uma opção, como proteger um metal da ferrugem?

Consulte a escala de nobreza dos metais e responda:

Apresente três metais que estão à direita da tabela periódica.

Apresente três metais que estão à esquerda da tabela periódica.

Considerando que se depositou o cobre sobre o ferro, responda se é possível depositar o magnésio sobre o ouro, justificando sua resposta.

Zinco

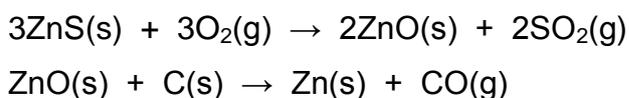
Um pouco de história

A obtenção do zinco a partir de seus minérios é um processo mais complicado que envolve algumas etapas, de forma que esse método só foi desenvolvido no século XIII pelos indianos. A metalurgia do zinco chegou até a China, onde moedas de zinco foram usadas na dinastia Ming (1368 – 1644). Como obter as ligas de zinco a partir de seus minérios é um processo mais simples, que não envolve o isolamento do zinco metálico, foram encontradas pequenas quantidades de zinco misturado ao cobre dos egípcios. No entanto, ligas de latão da região da Palestina, que datam de 1400 – 1000 a.C. continham aproximadamente 23% de zinco, o que indica que foram produzidas misturando deliberadamente minérios de zinco e de cobre (GREENWOOD, 1984).

O zinco não foi produzido de forma intencional na Europa medieval, e passou a ser importado da China pela Companhia das Índias Orientais em 1605. Somente no século XVIII que a Inglaterra passou a produzir zinco em suas indústrias (GREENWOOD, 1984).

- Formas de obtenção

A principal forma de obtenção do zinco é a partir de seus minérios como a blenda (ZnS) ou a hemimorfita ($Zn_4Si_3O(OH)_2$), pois o zinco não ocorre na forma metálica na natureza. Por isso, é necessário provocar uma reação química do minério com o oxigênio, de forma a produzir o óxido de zinco (ZnO). Importante ressaltar que essa primeira etapa não gera o zinco metálico como produto, pois como se trata de um metal pouco nobre, ele rapidamente reage com o oxigênio do ar formando o ZnO além de dióxido de enxofre (um gás extremamente poluente que não pode ser liberado na atmosfera, e pode ser utilizado para produzir ácido sulfúrico). Em seguida, reage-se o ZnO com carvão, de forma a se obter o zinco metálico. Como representado abaixo:



A principal utilização do zinco é na fabricação da liga metálica conhecida como latão que serve para fazer conexões de torneiras, instrumentos musicais e tonéis metálicos (CANTO, 2004).

- Experimentos

Metal de sacrifício

Levantamento de concepções prévias 8 (CP8):
Quando pintar e realizar a deposição de um metal sobre outro não for uma opção (pontes, torres de alta tensão, navios), como podemos evitar a ferrugem do ferro?

O ferro é um metal cuja importância para a nossa vida é incomparável em relação a outros metais. No entanto, trata-se de um metal que enferruja com muita facilidade de forma que certos objetos de ferro podem vir a ficar extremamente danificados. Uma solução para esse problema já foi mencionada anteriormente, mas será que pintar objetos feitos de ferro é a única solução existente? Veremos no experimento a seguir:

Materiais:
Água de torneira
Pregos de ferro
Pedaços de zinco
Conector tipo "jacaré"
Copo plástico transparente

Procedimento experimental

Inicialmente, se pega um prego livre de ferrugem e conecta-se esse prego, com o auxílio de um conector tipo jacaré, a uma pequena placa de zinco. Coloca-se esse sistema dentro do copo plástico com água de forma que os dois metais fiquem parcialmente submersos. Como comparação, coloca-se em outro copo de plástico um prego parcialmente submerso em água. Após deixar esses sistemas em repouso por um dia, observa-se o que aconteceu.

Observação macroscópica

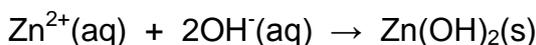
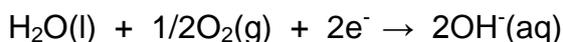
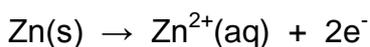
Verifica-se que o prego de ferro não enferrujou, ao passo que a placa de zinco está bastante oxidada e a água utilizada apresenta pedaços de um sólido branco. No outro copo contendo apenas o prego na água, observa-se a formação da ferrugem.

Interpretação microscópica

O que aconteceu é que o zinco atuou como metal de sacrifício, de forma que ele reagiu no lugar do ferro por se tratar de um metal menos nobre. A explicação para esse fenômeno é que, como o zinco tem mais tendência a se oxidar que o ferro, ele reage com o gás oxigênio e com a água. Esse processo envolve a perda de elétrons por parte do zinco, que passam pelo conector jacaré e chegam até o ferro, que atua como eletrodo inerte (não participa da reação), e reduzem o gás oxigênio dissolvido na água, formando o ânion hidróxido. O sólido branco que se observa na água é hidróxido de zinco, que não se solubiliza em água.

Expressão representacional

Esse processo é representado pelas equações abaixo:



Interface CTS

Esse processo (o metal de sacrifício) é atualmente usado para proteger cascos de navios (além da pintura), torres de alta tensão, plataformas de petróleo, etc. Pois como o metal de sacrifício (zinco ou magnésio) é de fácil substituição, além de ser mais barato, valendo a pena usá-lo para proteger as estruturas de ferro.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento pode ser realizado uma vez e apresentado para todas as turmas, de modo a reduzir a produção de resíduos. Após a realização do experimento, o resíduo gerado é o hidróxido de zinco, que em poucas quantidades pode ser descartado na pia, pois apresenta baixa toxicidade.

Será feita a avaliação da aprendizagem 10 (AA10) com a reformulação as resposta da CP8 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 10 (AA10)

Quando pintar e realizar a deposição de um metal sobre outro não for uma opção (pontes, torres de alta tensão, navios), como podemos evitar a ferrugem do ferro?

Analise a escala de reatividade dos metais e responda se é possível proteger o ferro usando o cobre. Justifique sua resposta.

Obtenção do latão

Levantamento de concepções prévias 9 (CP9):

O que são ligas metálicas?

Muitas vezes precisamos combinar propriedades de duas substâncias diferentes a fim de se obter um material com vantagens não possuídas pelas substâncias originais. As ligas metálicas são um bom exemplo desse processo de obtenção de novos materiais não encontrados na natureza e obtê-las consiste em uma das atribuições da Química enquanto Ciência. Mas como é possível obter uma liga metálica? É o que veremos na experiência a seguir.

Materiais:

Cadinho de porcelana

Solução de hidróxido de sódio concentrado

Lamparina

Álcool

Moedas de cobre

Garras e pinças metálicas

Pisseta

Água

Pó de zinco

Frasco de vidro com tampa (vidro de azeitonas)

Procedimento experimental

Coloca-se um pouco de pó de zinco no cadinho de porcelana e cobre-se o pó de zinco com a solução de hidróxido de sódio. Em seguida, coloca-se a moeda de cobre dentro do cadinho e com o auxílio da garra metálica, aqueça o cadinho na lamparina até a fervura do líquido. Com a pinça, retire a moeda de dentro do cadinho, e em seguida, lava-se a moeda com o auxílio de uma pisseta, recolhendo a água residual no frasco de vidro com tampa. Em seguida, expõe-se a moeda a chama de uma lamparina por alguns segundos. Cuidado: antes de tocar a moeda, esfrie-a com a pisseta, recolhendo a água residual no frasco com tampa.

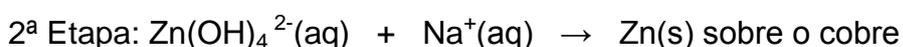
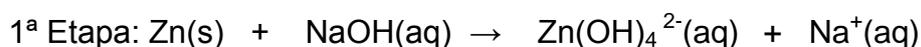
Observação macroscópica

Ao se retirar a moeda do cadinho, veremos então que a moeda apresenta uma cor prateada, diferente da cor vermelha do cobre. Após expor a moeda a chama da lamparina, observa-se que a moeda fica dourada, similar a uma moeda de ouro.

Interpretação microscópica

O zinco em pó em solução de hidróxido de sódio não se deposita espontaneamente na moeda de cobre, pois o cobre é um metal mais nobre do que o zinco. Quando se aquece a mistura, se fornece a energia necessária para que o zinco em solução se deposite sobre a moeda de cobre, fazendo com que a moeda de cobre fique com uma camada externa de zinco. Ao se expor essa moeda a chama, provoca-se uma difusão dos átomos de zinco para o interior do cobre, formando-se assim o latão.

Expressão representacional



3^a Etapa: Mistura do zinco com o cobre para formar latão.

Interface CTS

A produção das ligas metálicas é um processo conhecido pelo homem a milhares de anos atrás (bronze), objetivando sempre a produção de um material com características que as substâncias originais não possuem. No caso do latão, trata-se de um material esteticamente atraente, devido a sua cor dourada, e resistente a ferrugem, de modo que se fazem peças de encaixe com esse material, como juntas de torneiras.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento gera uma quantidade considerável de resíduos, de modo que o professor precisa se preparar para tratar esse resíduo. Inicialmente se tem o resíduo básico de hidróxido de sódio que precisa ser neutralizado. Após a neutralização é necessário fazer a filtração, de modo que o resíduo líquido pode ser descartado na pia, pois está neutralizado. Com a filtração espera-se obter o pó de zinco que depois de secado, pode ser reutilizado para o mesmo experimento.

Será feita a avaliação da aprendizagem 11 (AA11) com a reformulação da resposta da CP9 e com uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 11 (AA11)
O que são ligas metálicas?
As ligas metálicas são substâncias ou materiais? Por que?

Alumínio

- Um pouco de história

A obtenção do alumínio para utilização é relativamente recente, data de 1825 e mais tarde em 1854. Em ambas as ocasiões, utilizou-se métodos muito caros para se obter alumínio metálico. Assim, tratava-se de um metal bastante caro, em que um quilograma custava US\$ 1200 em 1852. O metal era tão precioso que em 1855 ele

foi exposto junto às joias da coroa na Exposição de Paris, além do que, o metal foi utilizado para se fazer talheres, que foram usados pelo imperador Napoleão III na ocasião. Somente a partir de 1870 ocorreu a queda do preço do alumínio, graças ao barateamento da energia elétrica (necessária para a produção de alumínio) e do desenvolvimento de uma nova técnica de produção de alumínio conhecida como processo Héroult e Hall em 1886. Esse processo recebeu esse nome em homenagem aos cientistas que o propuseram (o americano Charles Martin Hall e o francês Paul-Louis-Toussaint Héroult) que o desenvolveram de forma independente. Tratava-se de um método bem mais viável, que permitiu a produção em larga escala de alumínio e conseqüentemente levando ao barateamento do metal, chegando a custar US\$ 0,40 em 1950 (GREENWOOD, 1984). Este processo de obtenção de alumínio é utilizado até hoje, conforme veremos a seguir.

- Formas de obtenção

O alumínio se trata de um metal de baixa nobreza, ou seja, ele se oxida com facilidade. Isso significa que para obtê-lo na forma metálica a partir de seu minério (bauxita) é mais difícil do que obter ferro a partir da hematita. No processo de obtenção de alumínio, a bauxita precisa ser purificada, de maneira a retirar impurezas e obter principalmente a substância composta óxido de alumínio (Al_2O_3), chamada de alumina. A forma de obtenção de alumínio em 1825 envolvia reagentes caros, como já foi dito, porém, ao que tudo indica com o que se sabia na época, era possível fundir a alumina e passar através dele uma corrente elétrica (eletrólise) e assim obter alumínio. No entanto, a temperatura de fusão da alumina é superior a 2000°C , uma temperatura muito alta para ser atingida e mantida. O que os dois jovens (Charles Martin Hall e Paul-Louis-Toussaint Héroult) fizeram foi dissolver a alumina em criolita (um mineral de fórmula Na_3AlF_6), pois a criolita se funde em torno de 1000°C , e passar uma corrente elétrica nessa solução, de forma a forçar uma reação química (eletrólise) e obter alumínio. Esse processo é conhecido hoje em dia como processo de Héroult-Hall, em homenagem aos dois jovens que descobriram o processo (CANTO, 2004).

- Experimentos

Reciclagem do alumínio

Levantamento de concepções prévias 10 (CP10):
Como se dá a reciclagem do alumínio?

O alumínio é amplamente utilizado para fabricar, entre outras coisas, latas de refrigerante. No entanto, sabe-se que essas latas não são reaproveitáveis e vão para o lixo após abertas e consumidas. Mas o que acontece com elas? Será que os aterros sanitários são o destino para as latas usadas? Veremos no experimento a seguir:

Materiais:
Isqueiro tipo maçarico
anel de lata de refrigerante
pinça metálica

Procedimento experimental

Com o auxílio de um isqueiro do tipo maçarico, se pega o anel de lata de refrigerante, utilizando-se uma pinça e luvas e expõe-se o anel da lata a chama do maçarico.

Observação macroscópica

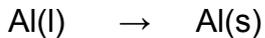
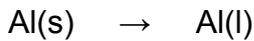
Ao se expor o anel da lata a chama, nota-se seu derretimento, ou fusão e após a retirada do anel do contato com a chama, observa-se o endurecimento do metal (solidificação).

Interpretação microscópica

O alumínio metálico, por ser uma substância de relativa pureza, apresenta um ponto de fusão bem definido, de 660°C e ao atingir essa temperatura, ele se torna líquido e pode assim, ser modelado, resfriado e reutilizado indefinidamente.

Expressão representacional

O processo de fusão e solidificação do alumínio pode ser representado como a seguir:



Interface CTS

Como a temperatura de fusão é alta (660°C), ocorre a esterilização do metal, de forma que ele pode ser reutilizado para fazer latas de cerveja ou refrigerante de novo. Dessa forma, reduz-se a metalurgia do alumínio, um processo que consome muita energia elétrica. O Brasil é campeão em reciclagem de latas de alumínio, uma notícia que pode ser encarada como boa, mas esconde uma realidade cruel, pois para que haja reciclagem de latas de alumínio, é necessário pessoas que vivam de catar essas latas. Esses catadores, na maioria das vezes, vivem abaixo da linha da pobreza e fazem esse trabalho por não terem outras oportunidades de conseguir algum dinheiro, sendo o reflexo de um país que não consegue reduzir suas desigualdades sociais.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento não gera nenhum resíduo, pois nele é utilizado latinhas de refrigerante que já iriam para o lixo comum. Assim, recomenda-se apenas que se utilize várias vezes o mesmo anel de lata, de modo a reduzir o consumo de latinhas.

Será feita a avaliação da aprendizagem 12 (AA12) com a reformulação da resposta da CP10 e com perguntas que avaliam a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 12 (AP12)
Como se dá a reciclagem do alumínio?

A propriedade do alumínio utilizada no experimento se refere à substância simples ou ao átomo de alumínio?

Consulte a tabela periódica e apresente o ponto de fusão (P.F.) e ponto de ebulição (P.E.) dos metais abaixo:

- Ouro
- Ferro
- Cobre
- Zinco

Desentupidor de pias

Levantamento de concepções prévias 11 (CP11):
Como o alumínio nos ajuda a desentupir pias?

Na maioria das casas existe uma série de produtos químicos (fermentos, água sanitária, sabonetes, etc.) que possuem diversas utilidades, mas que na maioria das vezes são utilizados pelas pessoas sem que elas saibam do que se trata. Mas entre as diversas utilidades desses produtos, a Química também pode nos auxiliar a desentupir pias. Veremos como a seguir:

Materiais:
Produto comercial para desentupir pias "Diabo Verde"
Água
Copo de vidro

Procedimento experimental

Coloca-se um pouco do produto comercial, "Diabo Verde", dentro de um copo de vidro e acrescenta-se um pouco de água.

Observação macroscópica

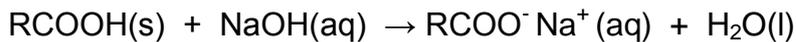
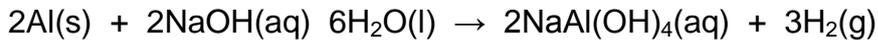
Ao se misturar o "Diabo Verde" com a água, verifica-se a formação de bolhas e o leve aquecimento do copo de vidro. Dois fortes indícios de que uma reação química está ocorrendo.

Interpretação microscópica

O que acontece é que quando o alumínio metálico reage com hidróxido de sódio há uma liberação muito grande calor (reação exotérmica) que ajuda a solubilizar os resíduos e facilitar a passagem da comida presa. Há também a liberação de gás hidrogênio, que ao ser liberado dentro do cano em um ambiente de alta temperatura, se expande e empurra o que estiver entupindo a pia. Por último, há o hidróxido de sódio que fica em excesso e dissolve gorduras sólidas, insolúveis em

água que estejam entupindo o cano da pia e assim, elas podem ser levadas pela água.

Expressão representacional



Interface CTS

A utilização de soda cáustica para desentupir a pia ainda é bastante comum em algumas regiões do país. Com o conhecimento de Química e das propriedades das substâncias, foi possível produzir um material com a mesma utilidade, mas com menos perigos de acidentes do que a soda cáustica, um produto corrosivo.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento gera um material cuja utilidade é o desentupimento de pias, de modo que se pode despejar tais produtos na pia. No entanto, recomenda-se a utilização de pouca quantidade do produto comercial para cada realização do experimento, para se evitar jogar excesso de substâncias alcalinas na pia.

Será feita a avaliação da aprendizagem 13 (AA13) com a reformulação da resposta da CP11 e uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 13 (AA13):
Como o alumínio nos ajuda a desentupir pias?

O alumínio estava presente no diabo verde como substâncias simples ou como substância composta? Justifique sua resposta.

Essa unidade foi programada para caber em três aulas duplas (aproximadamente 1h e 30min), em que as duas primeiras aulas (1 hora e 30 minutos) seriam dedicadas ao estudo dos metais, diferenças de substâncias simples

e compostas e formas de obtenção dos metais. A segunda aula dupla (1 hora e 30 minutos) seria dedicada ao ferro e ao cobre e a terceira aula dupla (1 hora e 30 minutos), seria dedicada ao zinco e ao alumínio.

Com esses experimentos sobre os metais, podemos verificar a importância de se estudar a tabela periódica, pois cada propriedade da substância, está relacionada a propriedade dos átomos que formam os constituintes da substância. Tomemos por exemplo o experimento da imantação do ferro, em que se verifica que o ferro é um metal paramagnético, devido a sua configuração eletrônica, uma propriedade do átomo de ferro. No experimento da deposição espontânea do cobre, o potencial de redução explica porque a reação ocorre. Pode-se concluir que, de maneira geral, os metais mais nobres se localizam mais à direita da tabela, ao passo que os metais menos nobres se localizam à esquerda.

UNIDADE 3 - OS NÃO-METAIS

Nessa unidade trataremos de dois não-metais, o gás oxigênio e o enxofre em pó, por se tratar de substâncias de fácil reconhecimento por parte dos alunos e baixa toxicidade. Sobre os não-metais, o mais importante é que os alunos percebam que, diferentemente dos metais, eles são obtidos em sua maioria já na forma de substâncias simples, por serem formas mais estáveis. Se o professor tiver interesse, também pode mencionar que os não-metais apresentam uma propriedade única, chamada alotropia, em que duas ou mais substâncias simples diferentes, formadas por constituintes diferentes e que apresentam um único tipo de átomo. Temos como exemplo o gás oxigênio (O_2) e o gás ozônio (O_3).

Será mostrado então aos alunos uma amostra de pó de enxofre e então será mencionado que o oxigênio, por se tratar de um gás, não é possível ser visto, mas ele seria o responsável pela nossa respiração. Com isso, pode-se trabalhar a ideia de que os não-metais se apresentam na natureza sob a forma de substâncias simples, mas então como eles serão obtidos?

Enxofre

- Um pouco de história

O enxofre é uma das substâncias não metálicas conhecidas pelo homem há mais tempo. Existem referências de sua existência desde tempos pré-históricos, aparecendo inclusive em lendas como na destruição das cidades de Sodoma e Gomorra por uma chuva de fogo e enxofre. Foi uma substância utilizada pelos egípcios em cerimônias religiosas desde 1600 a.C. e Homero relatou seus usos como fumegante, com o objetivo de purificar o ambiente. Plínio mencionou a ocorrência do enxofre em ilhas vulcânicas e falou de seus usos em cerimônias religiosas, além de ter descrito catorze propriedades medicinais relacionadas à substância simples enxofre (GREENWOOD, 1984).

Outro grande uso relacionado ao enxofre (substância simples) é a fabricação de pólvora, inventada antes do século XIII pelos chineses, sendo o único propelente

de projéteis conhecido até o século XIX. O primeiro uso de pólvora (fabricada com enxofre) em batalha data de 1346 na batalha de Crécy, na guerra dos 100 anos entre ingleses e franceses. Porém, a dificuldade de movimentar as armas baseadas em pólvora foi crucial para a derrota dos franceses para os ingleses, que usavam arcos longos. No entanto, nos séculos posteriores a utilização de pólvora em armas de combate foi decisiva em uma série de batalhas da história da humanidade (GREENWOOD, 1984).

- Formas de obtenção

Paralelamente a essas atividades bélicas as quais o enxofre está relacionado, havia um grande desenvolvimento da química relacionada ao enxofre e suas substâncias compostas, como o ácido sulfúrico. Dessa forma, a demanda da substância enxofre só cresceu com o tempo, de forma que vários métodos são utilizados para a obtenção do enxofre. Um dos primeiros métodos utilizados para obter enxofre, foi a partir de mineração de depósitos vulcânicos, processo este em que o enxofre é obtido em sua forma de substância simples (GREENWOOD, 1984). Porém, esse método se encontra em decadência e atualmente o principal método de obtenção de enxofre é a partir de depósitos de enxofre que se encontram em regiões subterrâneas situadas abaixo de certas rochas. O método usado para obter enxofre dessa fonte se denomina método Frasch e conta com todo um aparato de perfuração, semelhante aos utilizados em prospecção de petróleo. Importante ressaltar que no processo Frasch, o enxofre obtido é na forma de substância simples. Há ainda métodos de obtenção de enxofre a partir de substâncias compostas, em que é necessária a ocorrência de uma reação química. Como por exemplo, a obtenção de enxofre a partir de gases (H_2S) resultantes do processo do refino do petróleo e do gás natural, ou ainda a obtenção de enxofre a partir da mineração de sulfetos minerais, como a pirita (FeS_2) (SHREVE, 1980).

- Experimento:

Chuva ácida

Concepções prévias 12 (CP12): O que são e como se formam as chuvas ácidas?

Existem concepções de que a substância simples enxofre é diretamente responsável pelo fenômeno das chuvas ácidas e que também ela está presente no petróleo, tornando-o um petróleo de baixa qualidade. Mas será que de fato a substância simples enxofre causa esses problemas? Veremos no experimento a seguir:

Materiais: Enxofre em pó Pote de vidro com tampa de plástico (vidro de maionese) Fio de cobre Tampa de caneta bic Água Isqueiro

Procedimento experimental

Com um pedaço de arame faz-se um cone em uma das extremidades enrolando-o em volta da ponta de uma caneta bic, com voltas bem justas. No pote de maionese, faça um furo na tampa, de modo que o fio de cobre possa ficar preso, e encha o fundo do pote com água. Coloca-se pó de enxofre (substância simples) dentro do cone de arame e queima-se o enxofre com um isqueiro. Quando a combustão do enxofre se iniciar, fecha-se o pote rapidamente, de forma a não deixar o gás formado escapar. Agita-se o pote e retira-se uma amostra do líquido com o auxílio de um conta-gotas e pinga-se essa amostra em um papel de tornassol azul. Para facilitar a montagem do experimento, apresentamos o esquema de montagem do experimento na Figura 3 abaixo.

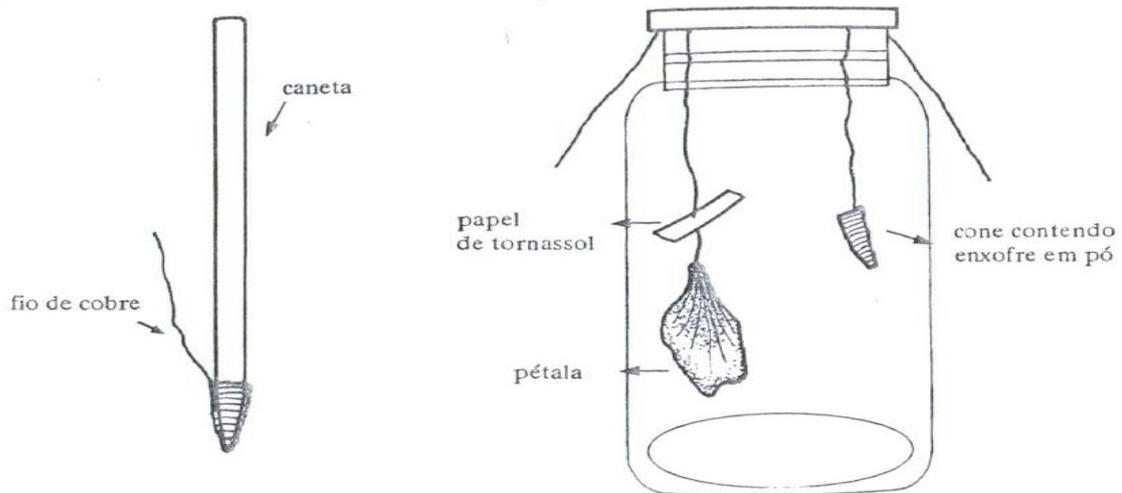


Figura 3: Esquema de montagem do experimento sobre a formação da chuva ácida.

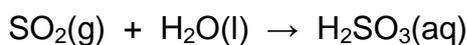
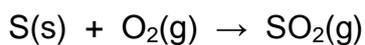
Observação macroscópica

Observa-se que o papel de tornassol que era inicialmente azul, ficou rosa em contato com o líquido retirado do recipiente. Além do que observa-se a formação de um gás com cheiro extremamente irritante.

Interpretação microscópica

Como o papel de tornassol é um indicador ácido-base que fica azul em meio básico e rosa em meio ácido, podemos então inferir que o líquido dentro do pote apresenta caráter ácido. A explicação para esse fenômeno é feita a partir da reação da combustão do enxofre, que libera como produto o dióxido de enxofre (SO_2). Essa substância reage com a água e forma o ácido sulfuroso (H_2SO_3) que aumenta a acidez do meio.

Expressão representacional



Interface CTS

O que podemos concluir então desse experimento é que não é o enxofre como substância simples que provoca o fenômeno da chuva ácida, mas sim o produto da sua queima (SO_2), que é uma substância composta que contém em seu constituinte, átomos de enxofre. Transpondo essa ideia para o petróleo, podemos dizer que não existe enxofre como substância simples dentro do petróleo, mas sim substâncias orgânicas que contém em seus constituintes átomos de enxofre. Quando os produtos do refino do petróleo fazem reações de combustão, eles liberam óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) que também contribuem para a formação de chuvas ácidas.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento é problemático no que tange a produção de resíduos, pois ele precisa ser feito para cada turma que o professor vá aplicar o módulo e ele gera resíduos gasosos (SO_2) extremamente prejudiciais ao meio ambiente. Recomenda-se então utilizar pouco enxofre em cada realização do experimento e muita água no pote para reagir com o óxido de enxofre e assim reduzir a quantidade desse óxido liberado na atmosfera. O resíduo líquido precisa ser neutralizado para ser descartado na pia.

Será feita a avaliação da aprendizagem 14 (AA14) com a reformulação da resposta da CP12 e uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da aprendizagem 14 (AA14):

O que são e como se formam as chuvas ácidas? Explícite o enxofre o qual você está se referindo (substância simples ou composta).

O que diferencia o enxofre usado no experimento do enxofre da chuva ácida?

Oxigênio

- Um pouco de história

O gás oxigênio é uma das substâncias presentes na Terra desde tempos remotos, cuja data de surgimento é de mais de três bilhões de anos. Não se tem uma única teoria para o surgimento do gás oxigênio na Terra, mas acredita-se que ele é o produto de reações químicas causadas pelas altas temperaturas, pelos relâmpagos que atingiam a atmosfera e pelos raios ultravioletas que chegavam aqui. Outras teorias defendem a ideia de que o oxigênio é produto de bactérias fotossintetizantes (cianobactérias), que se utilizando de dióxido de carbono e carboidratos, conseguiram produzir o gás oxigênio. Essas bactérias teriam sido incorporadas pelas plantas da Terra, produzindo assim os cloroplastos (organela responsável pela fotossíntese das plantas) que realizam a fotossíntese nas plantas até hoje (BIELLO, 2009, tradução nossa). Atualmente o oxigênio é útil tanto na forma gasosa como na forma líquida. Na forma de gás ele é utilizado na indústria siderúrgica para acelerar a oxidação de impurezas que estão presentes no ferro fundido, ou ainda em maçaricos de alta temperatura (3 mil graus Celsius). Na forma líquida o oxigênio é utilizado na mistura que forma os combustíveis de espaçonaves, pois na forma líquida o oxigênio ocupa menor volume do que na forma gasosa, tornando o seu transporte mais eficiente (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e SILVA, 1995).

- Formas de obtenção

O oxigênio é obtido a partir do ar, pois se sabe que atualmente o ar (um material contendo diversos gases) apresenta na sua composição, aproximadamente 21% de gás oxigênio. Sendo assim, é extremamente eficiente sua obtenção a partir dessa rica fonte. Para essa obtenção, faz-se a liquefação (utilizando-se de uma máquina que resfria e comprime o ar) dos principais componentes do ar atmosférico e com gradativo aumento de temperatura faz-se a vaporização fracionada dos diferentes componentes do ar, separando-os (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e SILVA, 1995).

- Experimento

Combustão completa x combustão incompleta

Concepções prévias 13 (CP13):
Por que a chama do fogão é azul e chama da vela é amarela?

É bastante óbvio para todos que existem chamas de diferentes cores, e a explicação para tal fenômeno será apresentada a seguir.

Materiais:
Isqueiro comum
Isqueiro tipo “maçarico”
Uma lata de refrigerante cortada ao meio
Uma lata de refrigerante inteira
Prego pequeno
Álcool 92,8° INPM
Caixa de fósforos
Vela
Fogareiro acoplado a pequeno botijão de gás
Seringa de 3 mL

Procedimento experimental

Esse experimento é dividido em três partes. Na primeira parte se acende a vela e o fogareiro acoplado ao botijão de gás. Na segunda parte se acende os dois isqueiros. E na terceira parte, é necessário furar a lata inteira utilizando-se do prego pequeno, de modo que a lata fique toda furada (aproximadamente 200 furos). Coloca-se ambas as latas próximas uma da outra e longe de materiais inflamáveis. Com a ajuda da seringa coloca-se a mesma quantidade álcool 92,8° INPM nas duas latas (aproximadamente 6 ml) e com o fósforo as latas deverão ser acesas.

Observação macroscópica

Observa-se que na vela, no isqueiro normal e na lata cortada há uma chama de coloração amarela e no fogareiro, no isqueiro do tipo “maçarico” e na lata furada há uma chama de coloração azul.

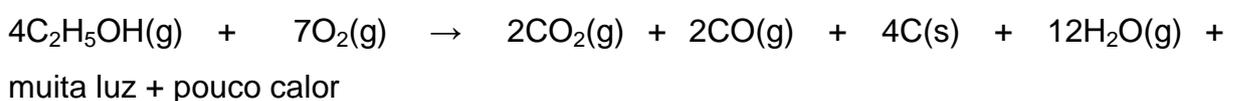
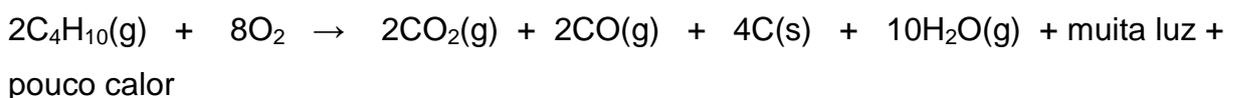
Interpretação microscópica

Para haver fogo é necessário três coisas, um combustível (no caso, o álcool), um comburente (no caso, o oxigênio do ar) e uma fonte de energia (no caso, o palito de fósforo aceso). Então, a explicação para os dois tipos de chamas só podem estar em um desses três componentes. O combustível não é, pois foi utilizado o mesmo combustível nas duas latas e se utiliza dos mesmos combustíveis nos dois isqueiros (gás GLP), a fonte de energia também não, pois foram utilizados fósforos nas duas latas, no fogareiro e na vela. Sendo assim, o motivo só pode ser o gás oxigênio contido no ar, que é o mesmo em todos os casos, mas em quantidades diferentes. Na lata cortada, na vela e no isqueiro comum, o ar contendo oxigênio não conseguirá alimentar a chama por cima, pois essa região é extremamente quente e faz com que o ar fique menos denso e suba. Então, o oxigênio contido no ar só pode alimentar a chama pelas laterais da chama e esse oxigênio é insuficiente para a queima completa do combustível, levando a uma queima fuliginosa, que gera mais luz do que calor. Na lata furada, no fogareiro e no isqueiro do tipo “maçarico” o oxigênio pode entrar pelos furos (no caso da lata) ou por uma abertura abaixo do ponto em que a chama se encontra (no caso do isqueiro e do fogareiro) e se misturar ao combustível antes de haver a queima, esse processo é chamado de pré-mistura do combustível com o oxigênio e leva a uma chama sem fuligem que produz mais calor do que luz.

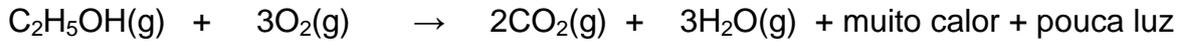
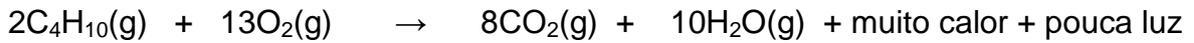
O oxigênio é o ponto chave do experimento. A combustão completa acontece quando o oxigênio reage com o combustível levando a formação de gás carbônico (CO₂) e água (H₂O) apenas. A combustão incompleta acontece quando a quantidade de gás oxigênio é insuficiente, levando a formação de monóxido de carbono (CO), fuligem (C), gás carbônico (CO₂) e água (H₂O).

Expressão representacional

Combustão incompleta:



Combustão completa:



Interface CTS

As duas formas de combustão (completa e incompleta) são bastante úteis para nós, pois com a chama azul é possível cozinhar alimentos mais rapidamente, uma vez que ela é uma chama mais quente. Já a chama amarela é útil para a iluminação de ambientes, no caso de falta de luz ou em caso de famílias que não têm acesso à energia elétrica.

Tratamento dos resíduos

Esse experimento gera alguns resíduos perigosos para o ser humano e para o meio ambiente (monóxido de carbono e gás carbônico respectivamente). No entanto, a quantidade gerada é muito reduzida, necessitando apenas apagar as chamas acesas após a explicação, de modo a economizar os combustíveis utilizados (parafina e GLP).

Será feita a avaliação da aprendizagem 15 (AA15) com a resposta da CP13 e uma pergunta que avalia a aprendizagem dos conceitos abordados por essa proposta didática.

Avaliação da Aprendizagem 15 (AA15):

Por que a chama do fogão é azul e chama da vela é amarela?

Considerando que eletronegatividade é a propriedade do átomo que mede sua capacidade relativa de retirar elétrons, responda o que se pede.

Consulte, na tabela periódica, a eletronegatividade dos átomos abaixo e estabeleça uma relação entre a eletronegatividade a posição dos átomos na tabela periódica.

Oxigênio
Potássio
Flúor
Frâncio

UNIDADE 4 - A HISTÓRIA DA TABELA PERIÓDICA

Nesta última unidade, após trabalharmos as propriedades de alguns metais e não -metais, discutiremos a história da criação da tabela periódica. Essa discussão se torna importante uma vez que defendemos o papel da história da Ciência como uma forma de humanizar o ensino de Ciências e evitar o surgimento de concepções equivocadas sobre a natureza do conhecimento científico. Lembrando que esse estudo da história da tabela periódica não tem como objetivo exaltar o papel do cientista como alguém fora do comum, mas demonstrar as diversas contribuições que cada cientista trouxe na construção desse instrumento. Além disso, objetiva-se explicar a razão histórica do nome "Tabela Periódica dos Elementos", uma vez que elementos não possuem propriedades. Ao fim da unidade será feita uma atividade para que o aluno possa consultar a tabela periódica e obter informações dela.

TEXTO PARA PROFESSORES E ALUNOS

As ideias iniciais que culminaram com a proposição da tabela periódica vieram em uma época em que a Química prescindia de uma lei geral que organizasse todo o conhecimento acumulado até então. Além disso, o período do século XVII ao XIX foi marcado por um grande "impulso classificatório" dentro das Ciências, em que grandes esforços foram empreendidos para ordenar os materiais conhecidos de acordo com os mais diversos critérios.

Uma primeira tentativa de se classificar os elementos (substâncias simples) conhecidos veio com Antoine Laurent Lavoisier em 1789 que as classificou em quatro grupos, conforme vemos abaixo.

- Substâncias simples que pertencem aos três reinos e que são consideradas como os elementos dos corpos: calórico, oxigênio, azoto e hidrogênio.
- Substâncias simples não-metálicas oxidáveis e acidificáveis: enxofre, fósforo, carbono, radical muriático, radical fluórico e radical borácico.
- Substâncias simples metálicas, oxidáveis e acidificáveis: antimônio, arsênio, prata, bismuto, cobalto, cobre, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, ouro, platina, chumbo, tungstênio e zinco.
- Substâncias simples salificáveis e terrosas: cal, magnésia, barita, alumina e sílica.

Figura 3: Classificação dos elementos (substâncias simples) feita por Lavoisier em seu livro Tratado elementar de Química

No entanto, as primeiras tentativas de se relacionar as propriedades das substâncias conhecidas com as massas atômicas de seus átomos só vieram após o surgimento da teoria atômica de Dalton, que estabeleceu que cada elemento (substância simples) seria formada por átomos e que esses átomos teriam massas diferentes.

Importante fazer uma pausa na explicação sobre a tabela periódica para tratar a questão de como se conceituava elemento químico na época. A primeira definição de elemento veio com os gregos, conforme mencionado anteriormente, em que eles atribuíram o significado de elemento a princípios formadores de tudo (ar, água, terra e fogo). Já nessa época (século XVII a XIX), Lavoisier já havia rompido com a ideia de elementos como princípios formadores e havia associado elemento químico a substância simples. Sendo assim, iremos utilizar o termo como foi utilizado historicamente e entre parênteses, colocaremos o seu significado atual.

Sendo assim, em 1829, Johann W. Döbereiner foi o primeiro cientista a conseguir relacionar as massas atômicas dos diferentes átomos com as propriedades dos elementos (substâncias simples). Döbereiner verificou que ao se agrupar elementos (substâncias simples) com propriedades semelhantes, curiosas relações numéricas entre as massas atômicas dos átomos que formavam tais elementos (substâncias simples). Ele verificou que entre esses três elementos (substâncias simples) (denominadas tríades), a massa atômica do átomo central era

aproximadamente igual a média das massas dos átomos dos extremos, como verificamos abaixo.

Átomo	Massa atômica	Média das massas atômicas
Cálcio	40,08	88,70
Estrôncio	87,62	
Bário	137,33	
Cloro	35,45	81,18
Bromo	79,90	
Iodo	126,90	

Após os trabalhos de Döbereiner, vários cientistas começaram a buscar essas relações entre os elementos (substâncias simples) e as massas atômicas, estabelecendo assim, o conceito de família, ou seja, elementos (substâncias simples) com propriedades semelhantes.

I, Br, Cl, F
Te, Se, S, O
C, B, Si
N, P, As

Até então, o que se tinha era apenas uma vaga ideia de que alguns elementos (substâncias simples) podiam ser relacionadas com base nas suas propriedades e suas massas atômicas, levando assim um tempo para que o próximo passo (1862-1863) fosse dado rumo a tabela periódica.

Em 1862, um mineralogista e geólogo francês chamado Alexandre E. B. de Chancourtois colocou as substâncias simples conhecidas a longo de uma espiral cilíndrica inclinada a 45°, segundo a ordem crescente de suas massas atômicas. A essa disposição denominou de "parafuso telúrico", em que os elementos (substâncias simples) com propriedades semelhantes apareciam em uma mesma geratriz. O nome telúrico se devia ao fato do átomo de telúrio se encontrar no meio da disposição cilíndrica. Seu trabalho não encontrou muita visibilidade,

principalmente devido a difícil visualização da estrutura tridimensional do parafuso, como visto abaixo.

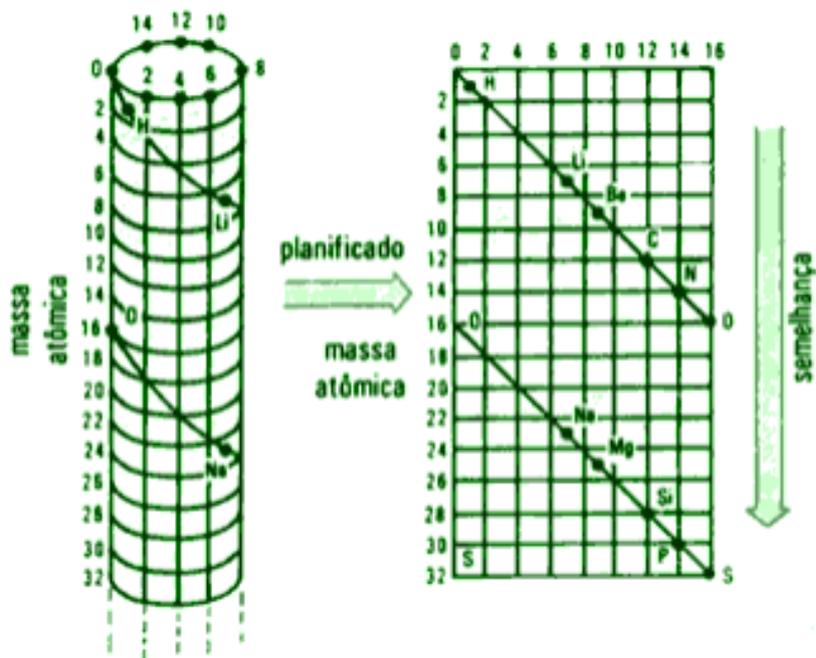


Figura 4: Parafuso telúrico de Chancourtois

No entanto, somente em 1863, o periodismo das propriedades foi vislumbrado pela primeira vez. Um químico industrial inglês de nome John A. R. Newlands verificou que ao se colocar as substâncias simples conhecidas em ordem crescente de massa atômica de seus átomos, havia uma repetição das propriedades dos elementos (substâncias simples) formadas por esses átomos a cada conjunto de 8 átomos. A essa classificação foi dado o nome de lei das oitavas, em analogia com as oitavas musicais (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si, dó...). Justamente essa analogia com a música prejudicou o trabalho de Newlands, pois os químicos da época não gostaram muito e seu trabalho não foi levado a sério. Além disso, cabe ressaltar que o trabalho de Newlands apresentava uma série de contradições, com substâncias que não pertenciam ao grupo ou substâncias com as posições trocadas.

H 1	F 8	Cl 15	Co-Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pb-Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Tl 53
Gl 3	Mg 10	Ca 17	Zn 14	Sr 31	Cd 38	Ba-V 45	Pb 54
B 4	Al 11	Cr 18	Y 25	Ce-La 32	U 40	Ta 46	Th 56
C 5	Si 12	Ti 19	In 26	Zr 33	Sn 39	W 47	Hg 52
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di-Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro-Ru 35	Te 43	Au 49	Os 51

Figura 5: Oitavas de Newlands

O próximo e decisivo passo no estabelecimento da lei periódica foi dado por Dmitri Ivanovitch Mendeleiev, que chegou a um grau de precisão científica que seus contemporâneos não atingiram, e assim, vinculou o seu nome invariavelmente a lei periódica. Mendeleiev estava certo de que as propriedades das substâncias estavam relacionadas com a massa atômica dos átomos, e ele pôde verificar essa relação ao estudar a periodicidade da valência dos átomos nos óxidos. Sua tabela foi organizada distribuindo-se os diversos óxidos, na ordem crescente dos pesos atômicos dos átomos. Dessa maneira os óxidos contendo átomos com a mesma valência apareciam numa mesma coluna como pode ser visto na figura 4. Desta forma ele concluiu que a propriedade dos átomos (valência) era uma função periódica dos pesos atômicos. Com o trabalho de Mendeleiev, o termo elemento deixou de designar substâncias simples e passou a designar átomos.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Li ₂ O	Gl ₂ O ₂	B ₂ O ₃	C ₂ O ₄	N ₂ O ₅			
Na ₂ O	Mg ₂ O ₂	Al ₂ O ₃	Si ₂ O ₄	P ₂ O ₅	S ₂ O ₆	Cl ₂ O ₇	
K ₂ O	Ca ₂ O ₂	Sc ₂ O ₃	Ti ₂ O ₄	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₆	Mn ₂ O ₇	
Cu ₂ O	Zn ₂ O ₂	Ga ₂ O ₃	Ge ₂ O ₄	As ₂ O ₅	Se ₂ O ₆	Br ₂ O ₇	
Rb ₂ O	Sr ₂ O ₂	Y ₂ O ₃	Zr ₂ O ₄	Nb ₂ O ₅	Mo ₂ O ₆		Ru ₂ O ₈
Ag ₂ O	Cd ₂ O ₂	In ₂ O ₃	Sn ₂ O ₄	Sb ₂ O ₅	Te ₂ O ₆	I ₂ O ₇	
Cs ₂ O	Ba ₂ O ₂	La ₂ O ₃	Ge ₂ O ₄	Ta ₂ O ₅	W ₂ O ₆		Os ₂ O ₈
Au ₂ O	Hg ₂ O ₂	Tl ₂ O ₃	Pb ₂ O ₄	Bi ₂ O ₅	U ₂ O ₆		

Figura 6: Tabela de Mendeleiev com os óxidos formando as famílias

A tabela de Mendeleiev teve tanto êxito por não deixar dúvida sobre a periodicidade das propriedades dos átomos, além de ter relacionado diversas propriedades químicas e físicas. Mas o que mais marcou a tabela de Mendeleiev foi o fato de ela fazer previsões sobre átomos que ainda não haviam sido propostos.

Uma teoria científica de peso deve explicar as observações anteriores a ela e ainda propor novos problemas, ou seja, capacidade de generalizar o conhecimento adquirido e prever novos problemas a serem tratados. A teoria de Mendeleiev possui essas duas capacidades, a de generalização das observações sobre as relações das propriedades das substâncias e a de previsão de novas substâncias que deveriam obedecer a lei periódica. Como exemplo podemos citar o eka-alumínio, mais tarde chamado de Gálio.

<i>Propriedades previstas para o eka-alumínio (Ea), por Mendeleiev:</i>	<i>Propriedades encontradas para o gálio (Ga), por Boisbaudran:</i>
Peso atômico cerca de 68	Peso atômico 69,9
Metal de peso específico 5,9; ponto de fusão baixo; não volátil; não afetado pelo ar; deve decompor o vapor d'água quando aquecido ao rubro; deve se dissolver lentamente em ácido e álcalis.	Metal de peso específico 5,94; ponto de fusão 30,15 °C; não volátil a temperaturas moderadas; não alterado ao ar; ação do vapor d'água desconhecida; dissolve-se lentamente em ácidos e álcalis.
Óxido de fórmula Ea_2O_3 ; peso específico 5,5; deve se dissolver em ácidos para formar sais do tipo EaX_3 . O hidróxido deve se dissolver em ácidos e álcalis.	Óxido de fórmula Ga_2O_3 ; peso específico desconhecido; dissolve-se em ácidos, formando sais do tipo GaX_3 . O hidróxido dissolve-se em ácidos e álcalis.
Os sais devem ter tendência a formar sais básicos; o sulfato deve formar alúmen; o sulfeto deve ser precipitado por H_2S ou $(NH_4)_2S$. O cloreto anidro deve ser mais volátil que o cloreto de zinco.	Os sais se hidrolizam facilmente, formando sais básicos; alúmens são conhecidos; o sulfeto é precipitado por H_2S e por $(NH_4)_2S$ sob condições especiais. O cloreto anidro é mais volátil que o cloreto de zinco.
O elemento será descoberto, provavelmente, por análise espectroscópica.	O gálio foi descoberto com o auxílio de um espectroscópio.

Tabela 1: Comparação entre o eka-alumínio e o Gálio.

Apesar de todo o êxito de Mendeleiev, ainda era possível verificar algumas contradições, como a inversão da posição de alguns átomos. Esses problemas só foram solucionados com os estudos da radioatividade, que culminaram com a proposição da existência de cargas positivas no núcleo do átomo. Henry G. J. Moseley foi quem propôs a existência de tais cargas a partir de bombardeamento com feixes de elétrons sobre núcleos atômicos. A essas cargas positivas foi dado o nome de número atômico (Z), que caracteriza de maneira mais efetiva cada átomo, se tornando assim, a variável independente da lei periódica. Com essa mudança, foi possível explicar as contradições na tabela de Mendeleiev, de modo que até hoje

classificamos nossos átomos em função do número atômico e não da massa atômica como anteriormente.

Toda essa história foi contada para que se perceba os esforços para se obter uma lei geral que explicasse as observações feitas por diversos cientistas e para que eles entendam o que significa a tabela periódica. Ao observarmos a tabela, verificamos que os átomos se encontram em ordem crescente dos números atômicos (Z), ou seja, Hidrogênio com $Z = 1$, Hélio com $Z = 2$, Lítio com $Z = 3$, etc. Além disso, verificamos que em uma mesma coluna, que hoje chamamos de família graças aos estudos de Döbereiner, temos átomos e substâncias com propriedades semelhantes, verificamos ainda que a medida que caminhamos ao longo de uma linha, ou período, as propriedades se repetem no momento em que trocamos de período, conforme relatado por Newlands. E por último, é importante salientar que o nome "Tabela periódica dos elementos" permaneceu por razões históricas, pois segundo a definição atual de elemento químico, eles não são átomos nem substâncias, logo não possuem propriedades periódicas. Esse nome só se manteve porque na época em que a tabela estava sendo proposta as substâncias simples eram denominadas de elementos. Os estudos procuravam encontrar relações entre as propriedades desses elementos (substâncias simples) com o peso atômico dos seus átomos. Hoje, talvez o nome mais correto que se poderia dar para a tabela seria "Tabela periódica de propriedades de substâncias compostas, de substâncias simples e dos átomos dos elementos químicos".

ATIVIDADES COM OS ALUNOS

Para avaliar essa unidade, será pedido para os alunos lerem o texto presente nessa unidade e preencherem a seguinte tabela.

Contexto inicial		
Nome do cientista	Proposta do cientista	Contribuição do cientista para a formulação da tabela periódica.
Döbereiner		
Chancortouis		
Newlands		
Mendeleiev		
Descrição da tabela atual		

Pode-se avaliar o aluno ainda com o estudo dirigido (ED2) apresentado abaixo, em que se pede que o aluno saiba reconhecer na tabela periódica quais propriedades se referem às substâncias simples, compostas e aos átomos e quais atributos podem ser designados para os elementos químicos.

Estudo dirigido 2 (ED2)

Nome:
Turma:

Número:

Sabemos que o nome “Tabela Periódica dos elementos” possui um erro conceitual, pois o termo “periódico” se refere ao periodismo (repetição) das propriedades de átomos, substâncias simples e substâncias compostas. Elementos químicos não são átomos nem substâncias, logo, não apresentam propriedades físicas ou químicas. Sendo assim, o nome permanece por razões históricas, de modo ser necessário sabermos quais propriedades podem ser obtidas da tabela e a que se referem. Com base nessas informações e na tabela periódica anexa, responda às questões abaixo:

- 1) Identifique na tabela em anexo TRÊS (3) propriedades macroscópicas que se referem às propriedades de substâncias simples, isto é, substâncias cujos constituintes são formados por átomos de um mesmo elemento químico.

- 2) Identifique na tabela em anexo TRÊS (3) propriedades microscópicas referentes às propriedades dos átomos dos elementos químicos.

- 3) Identifique na tabela em anexo UMA (1) propriedade macroscópica que se refere à propriedade de substâncias compostas, isto é, substâncias cujos constituintes são formados por átomos de diferentes elementos químicos.

- 4) Liste DOIS (2) atributos que podem ser atribuídos ao conceito atual de elemento químico.

Essa aula foi programada para caber em uma aula dupla (aproximadamente 1h e 30min), tempo suficiente para explicar a história da tabela periódica, bem como a realização do estudo dirigido.

Com isso encerramos essa proposta didática, que necessita de um tempo mínimo de cinco aulas duplas, ou metade de um bimestre letivo. Caso o professor precise de mais tempo, ele poderá usar mais uma ou duas aulas sem que isso prejudique o andamento de seu planejamento bimestral. Mas o mais importante, é que o professor que leia essa proposta perceba a necessidade de se alterar o foco que é dado no ensino da Tabela Periódica. Já não podemos mais insistir na ideia de que a Tabela Periódica deva ser decorada, pois ela é um dos itens de conteúdo mais famosos da Química e também um dos mais odiados pelos estudantes. Assim, acreditamos que uma maneira de diminuir essa visão negativa por parte dos alunos, seria um ensino voltado para a leitura e interpretação das informações presentes na tabela. Desta forma, o presente trabalho tentou demonstrar ser possível essa mudança de visão com relação ao ensino da tabela, cabendo a nós professores colocar em prática as ideias presentes nessa proposta e verificar se ela de fato atinge seus objetivos educacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**. Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001. p. 712.

BIELLO, D. **The Origin of Oxygen in Earth's Atmosphere**: The breathable air we enjoy today originated from tiny organisms, although the details remain lost in geologic time. Disponível em <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=origin-of-oxygen-in-atmosphere>> Acessado em 19/11/2013

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. **QUÍMICA** A Ciência central. Tradução da 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p. 213, 238 e 875.

CANTO, E. L. **Minerais, minérios, metais**. De onde vêm? Para onde vão? São Paulo: Moderna, 2004.

GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A. **Chemistry of elements**. São Paulo: Pergamon Editors, 1989.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5 ed. São Paulo: LTC editora, 2002. P. 390-391.

LOURENÇO, L. M.; PONTES, P. M. O uso da terminologia Normal e Padrão. **Química Nova na Escola**, n 25, p. 8 – 9, maio. 2007.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P. I.; MAILER, B. Corrosão: Um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, n 19, p. 11-14, maio. 2004.

PEIXOTO, E. **TEORIA QUÂNTICA**. São Paulo. 1988.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2003. 1 v.

ROCHA-FILHO, R. C.; TOLENTINO, M.; DA SILVA, R. R.; TUNES, E.; DE SOUSA, E. C. P. ENSINO DE CONCEITOS EM QUÍMICA III. SOBRE O CONCEITO DE SUBSTÂNCIA. **Química Nova**, 11(4), 1988, p. 417 - 419.

SHREVE, R. N.; BRINK, J. A. **Indústrias de processos químicos**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1980.

SILVA, R. R.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E.; TOLENTINO, M. Ensino de conceitos em Química. II. Matéria: um sistema conceitual quanto à sua forma de apresentação. **Ciência e Cultura**, 38(12), 1986, p. 2028-2030

TOLENTINO, M.; SILVA, R. D.; ROCHA-FILHO, R. C.; TUNES, E. Ensino de conceitos em Química. I. Matéria: exemplo de um sistema de conceitos científicos. **Ciência e Cultura**, 38(10), 1986, p. 1721-1724.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.; SILVA, R.R. **O azul do planeta**. Um retrato da atmosfera terrestre. 4 ed. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.; CHAGAS, A.P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos. **Química Nova**, v. 20, supl. 1. p. 103 - 117, 1997.

TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R. R.; SOUZA, E.; ROCHA-FILHO, R. Ensino de conceitos em Química. IV. Sobre a estrutura elementar da matéria. **Química Nova**, 12(2), 1989, p. 199-202.

APÊNDICE

História do ferro

O ferro metálico (substância simples) é um dos metais que são utilizados há mais tempo pelo homem. No entanto, o ferro não existe na natureza na forma de substância simples, de modo que as primeiras utilizações do ferro pelo homem se deram devido a meteoritos contendo ferro metálico em sua composição. Segundo evidências arqueológicas, o primeiro povo a dominar a técnica de obtenção de ferro a partir de seus minérios foram os hititas, povo este que habitou a região da Ásia Menor (atual Turquia) por volta de 1500 a.C. Com o fim desse império, os segredos da obtenção do ferro chegaram na Europa e deram início a chamada idade do ferro (cerca de 1500 a. C. a 1000 d. C.). A idade do ferro foi o período da história da humanidade em que os povos passaram a utilizar o ferro na confecção de armas, armaduras e utensílios em substituição ao bronze, pois o ferro era um metal mais resistente, além do que as armas feitas de ferro mantinham o fio por mais tempo (CANTO, 2004).

História do cobre

O cobre foi o primeiro metal a ser utilizado pelo homem junto com a prata e o ouro, havendo indícios de seu uso para a fabricação de armas, moedas e utensílios há pelo menos 7000 anos, em uma época denominada idade do cobre. No entanto, o marco da utilização do cobre pelo homem se deu quando se passou a misturá-lo com outro metal a fim de obter uma liga metálica, o bronze. Esse período na história da civilização é denominado idade do bronze e se caracterizou pela substituição dos objetos feitos de cobre por objetos feitos de bronze. Essa substituição foi feita, pois o bronze apresentava vantagens em relação ao cobre, como a maior resistência, maior facilidade em modelar e as armas feitas com essa liga mantinham o fio por mais tempo. Tratava-se de um material caro, devido ao alto preço do cobre e do estanho, além da arte envolvida na fundição e modelagem da liga, de forma que a posse de objetos e armas de bronze era símbolo de *status* e poder (CANTO, 2004).

História do zinco

A obtenção do zinco a partir de seus minérios é um processo mais complicado que envolve algumas etapas, de forma que esse método só foi desenvolvido no século XIII pelos indianos. A metalurgia do zinco chegou até a China, onde moedas de zinco foram usadas na dinastia Ming (1368 – 1644). Como obter as ligas de zinco a partir de seus minérios é um processo mais simples, que não envolve o isolamento do zinco metálico, foram encontradas pequenas quantidades de zinco misturado ao cobre dos egípcios. No entanto, ligas de latão da região da Palestina, que datam de 1400 – 1000 a.C. continham aproximadamente 23% de zinco, o que indica que foram produzidas misturando deliberadamente minérios de zinco e de cobre (GREENWOOD, 1984).

O zinco não foi produzido de forma intencional na Europa medieval, e passou a ser importado da China pela Companhia das Índias Orientais em 1605. Somente no século XVIII que a Inglaterra passou a produzir zinco em suas indústrias (GREENWOOD, 1984).

História do alumínio

A obtenção do alumínio para utilização é relativamente recente, data de 1825 e mais tarde em 1854. Em ambas as ocasiões, utilizou-se métodos muito caros para se obter alumínio metálico. Assim, tratava-se de um metal bastante caro, em que um quilograma custava US\$ 1200 em 1852. O metal era tão precioso que em 1855 ele foi exposto junto às joias da coroa na Exposição de Paris, além do que, o metal foi utilizado para se fazer talheres, que foram usados pelo imperador Napoleão III na ocasião. Somente a partir de 1870 ocorreu a queda do preço do alumínio, graças ao barateamento da energia elétrica (necessária para a produção de alumínio) e do desenvolvimento de uma nova técnica de produção de alumínio conhecida como processo Héroult e Hall em 1886. Esse processo recebeu esse nome em homenagem aos cientistas que o propuseram (o americano Charles Martin Hall e o francês Paul-Louis-Toussaint Héroult) que o desenvolveram de forma independente. Tratava-se de um método bem mais viável, que permitiu a produção em larga escala

de alumínio e conseqüentemente levando ao barateamento do metal, chegando a custar US\$ 0,40 em 1950 (GREENWOOD, 1984).

História do enxofre

O enxofre é uma das substâncias não metálicas conhecidas pelo homem há mais tempo. Existem referências de sua existência desde tempos pré-históricos, aparecendo inclusive em lendas como na destruição das cidades de Sodoma e Gomorra por uma chuva de fogo e enxofre. Foi uma substância utilizada pelos egípcios em cerimônias religiosas desde 1600 a.C. e Homero relatou seus usos como fumegante, com o objetivo de purificar o ambiente. Plínio mencionou a ocorrência do enxofre em ilhas vulcânicas e falou de seus usos em cerimônias religiosas, além de ter descrito catorze propriedades medicinais relacionadas à substância simples enxofre (GREENWOOD, 1984).

Outro grande uso relacionado ao enxofre (substância simples) é a fabricação de pólvora, inventada antes do século XIII pelos chineses, sendo o único propelente de projéteis conhecido até o século XIX. O primeiro uso de pólvora (fabricada com enxofre) em batalha data de 1346 na batalha de Crécy, na guerra dos 100 anos entre ingleses e franceses. Porém, a dificuldade de movimentar as armas baseadas em pólvora foi crucial para a derrota dos franceses para os ingleses, que usavam arcos longos. No entanto, nos séculos posteriores a utilização de pólvora em armas de combate foi decisiva em uma série de batalhas da história da humanidade (GREENWOOD, 1984).

História do oxigênio

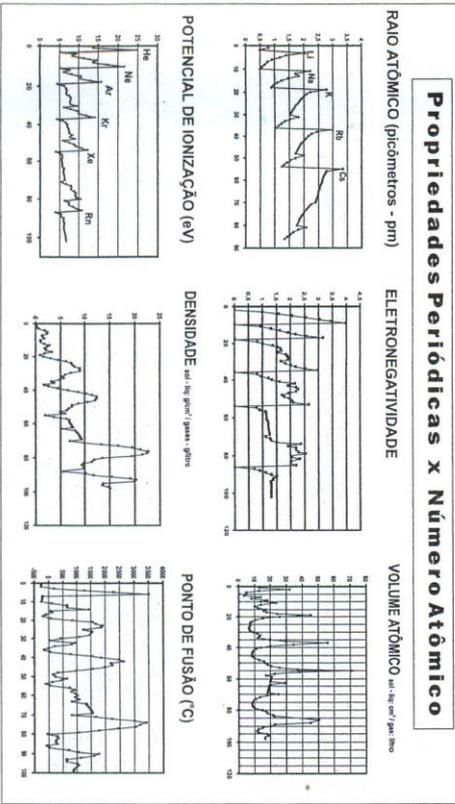
O gás oxigênio é uma das substâncias presentes na Terra desde tempos remotos, cuja data de surgimento é de mais de três bilhões de anos. Não se tem uma única teoria para o surgimento do gás oxigênio na Terra, mas acredita-se que ele é o produto de reações químicas causadas pelas altas temperaturas, pelos relâmpagos que atingiam a atmosfera e pelos raios ultravioletas que chegavam aqui. Outras teorias defendem a ideia de que o oxigênio é produto de bactérias

fotossintetizantes (cianobactérias), que se utilizando de dióxido de carbono e carboidratos, conseguiram produzir o gás oxigênio. Essas bactérias teriam sido incorporadas pelas plantas da Terra, produzindo assim os cloroplastos (organela responsável pela fotossíntese das plantas) que realizam a fotossíntese nas plantas até hoje (BIELLO, 2009, tradução nossa). Atualmente o oxigênio é útil tanto na forma gasosa como na forma líquida. Na forma de gás ele é utilizado na indústria siderúrgica para acelerar a oxidação de impurezas que estão presentes no ferro fundido, ou ainda em maçaricos de alta temperatura (3 mil graus Celsius). Na forma líquida o oxigênio é utilizado na mistura que forma os combustíveis de espaçonaves, pois na forma líquida o oxigênio ocupa menor volume do que na forma gasosa, tornando o seu transporte mais eficiente (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e SILVA, 1995).

Elemento	DENSIDADE	RAIO ATÔMICO	1ª E. IONIZAÇÃO
Li	0,53	152	5,39
Be	1,81	112	9,00
B	2,48	85	8,01
C	2,27	77	11,01
N	1,20	71	14,02
O	1,43	73	13,62
F	1,71	71	17,82
Ne	0,91	71	21,62
Na	0,97	186	4,94
Mg	1,74	137	7,38
Al	2,70	143	5,79
Si	2,33	111	8,45
P	1,82	110	10,49
S	2,07	104	10,36
Cl	1,56	99	12,51
Ar	1,78	98	15,21
K	0,86	227	4,19
Ca	1,55	197	5,90
Sc	2,99	186	6,33
Ti	4,51	176	6,82
V	6,11	178	7,29
Cr	7,19	173	7,76
Mn	7,47	175	7,43
Fe	7,87	176	7,62
Co	8,90	175	7,74
Ni	8,90	175	7,64
Cu	8,96	175	7,73
Zn	7,14	181	7,86
Ga	5,91	181	7,82
Ge	5,32	181	7,86
As	5,73	181	7,86
Se	4,81	181	7,86
Br	4,94	181	7,86
Kr	3,10	181	7,86
Rb	1,47	248	4,18
Sr	2,47	248	4,18
Zr	4,91	200	5,90
Nb	4,77	200	5,90
Mo	10,28	200	5,90
Tc	11,50	200	5,90
Ru	12,48	200	5,90
Rh	12,48	200	5,90
Pd	12,48	200	5,90
Cd	12,48	200	5,90
In	12,48	200	5,90
Sn	12,48	200	5,90
Sb	12,48	200	5,90
Te	12,48	200	5,90
I	4,94	200	5,90
Xe	5,50	200	5,90
Cs	1,93	298	3,77
Ba	3,51	298	3,77
Hf	13,17	180	6,82
Ta	22,6	180	6,82
W	19,3	180	6,82
Re	21,0	180	6,82
Os	22,6	180	6,82
Ir	22,6	180	6,82
Pt	22,6	180	6,82
Au	19,3	180	6,82
Hg	13,5	180	6,82
Tl	9,74	180	6,82
Pb	9,74	180	6,82
Bi	9,74	180	6,82
Po	9,74	180	6,82
At	9,74	180	6,82
Rn	9,74	180	6,82
La	6,86	207	5,50
Ce	6,86	207	5,50
Pr	6,86	207	5,50
Nd	6,86	207	5,50
Pm	6,86	207	5,50
Sm	6,86	207	5,50
Sr	6,86	207	5,50
Eu	6,86	207	5,50
Gd	6,86	207	5,50
Tb	6,86	207	5,50
Dy	6,86	207	5,50
Ho	6,86	207	5,50
Er	6,86	207	5,50
Tm	6,86	207	5,50
Yb	6,86	207	5,50
Lu	6,86	207	5,50

CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA X POSIÇÃO PERIÓDICA DO ELEMENTO

Elemento	Configuração Eletrônica
1	1s ²
2	1s ² 2s ²
3	1s ² 2s ² 2p ¹
4	1s ² 2s ² 2p ²
5	1s ² 2s ² 2p ³
6	1s ² 2s ² 2p ⁴
7	1s ² 2s ² 2p ⁵
8	1s ² 2s ² 2p ⁶
9	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ¹
10	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²
11	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹
12	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²
13	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ³
14	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴
15	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵
16	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶
17	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ¹
18	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ²
19	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹
20	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ²
21	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ³
22	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁴
23	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁵
24	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁶
25	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁷
26	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁸
27	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ⁹
28	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰
29	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹
30	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ²
31	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ³
32	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁴
33	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵
34	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶
35	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ¹
36	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ²
37	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹
38	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ²
39	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ³
40	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁴
41	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁵
42	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁶
43	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁷
44	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁸
45	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ⁹
46	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰
47	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ¹
48	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ²
49	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ³
50	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁴
51	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁵
52	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶
53	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ¹
54	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ²
55	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹
56	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ²
57	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ³
58	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁴
59	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁵
60	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁶
61	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁷
62	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁸
63	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ⁹
64	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰
65	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ¹
66	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ²
67	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ³
68	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ⁴
69	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ⁵
70	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 5d ¹⁰ 6p ⁶



SÉRIE DE REATIVIDADE METÁIS: Ca, Rb, K, Na, Li, Ba, Sr, Ca, Mg, Ba, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, H, Bi, Cu, Hg, Ag, Au.
 NAO-METÁIS: F, O, N, Cl, Br, I, S, C, P, H.

DIAGRAMA DE LIAUS PAULING

LIGAÇÃO QUÍMICA

Ligação	Exemplos
ÍÔNICA	LiH, NaH, KH, CaH ₂ , SH ₂ , BH ₃
COVALENTE	BH ₃ , MgH ₂
COVALENTE	HCl, HBr, HI, H ₂ O, H ₂ S, H ₂ Se, H ₂ Te, NH ₃ , PH ₃ , AsH ₃ , SbH ₃ , CH ₄ , SH ₄ , C ₂ H ₆ (todos)
COVALENTE	F ₂ , Cl ₂ , Br ₂ , I ₂ , O ₂ , O ₃ , S ₈
COVALENTE	H ₂ , P ₄ , P ₂ , S ₈ , CO, NO, NO ₂ , Cl ₂ O, CO ₂ , PO ₂ , BF ₃
METÁLICA	Fe, Cu, Ni, Al, entre metais
ÍÔNICA	NaCl, KCl, MgCl ₂ , AlF ₃ , K ₂ O, Al ₂ O ₃ , CaF ₂

TABELA CÁTIONS

Elemento	Cátion
Hidrogênio	H ⁺
(H ₂ O) ⁺	H ₃ O ⁺
Li	Li ⁺
(Li ₂ O) ⁺	Li ₂ O ⁺
Be	Be ²⁺
B	B ³⁺
C	C ⁴⁺
N	