

Experimentação investigativa: aprendizagem de conceitos químicos através da montagem parcial de uma estação de tratamento de água

Hebert Freitas dos Santos^{1*}, Carmem Lucia Costa Amaral²

¹ Discente da Universidade Federal do ABC (atual), Mestrado em Nanociências e Materiais Avançados, Santo André, São Paulo/Brasil, ² Professora da Universidade Cruzeiro do Sul, CCBS, São Paulo/Brasil
*hebert.freitas@ufabc.edu.br

Recebido em: 30/03/2019 Aceito em: 15/04/2019 Publicado em: 15/05/2019

RESUMO

Em 2015 o Brasil passou por uma grave crise hídrica, servindo como subsídio para este projeto que teve o objetivo de analisar se alunos do 2º ano do Ensino Médio, após realizar uma sequência didática (SD) envolvendo a construção parcial de uma estação de tratamento de água, conseguiam realizar conexões entre os modos de representação do conhecimento de Johnstone, além de verificar os conhecimentos prévios relativos aos conceitos químicos correlacionados ao tema. A SD foi composta por debate, experimentação, discussão de questões químicas específicas e avaliação do projeto. Os resultados mostraram falhas na interrelação dos modos de representação e graus distintos de erros conceituais nas questões. Foi possível estabelecer uma reconciliação integrativa entre os conceitos prévios e os conceitos científicos abordados no experimento e nas questões propostas e destacar a importância da interação interpessoal na aquisição de conhecimento técnico e social e aprimoramento da capacidade discursiva de cada aluno.

Palavras-chave: Experimentação investigativa. Tratamento de água. Modos simbólico submicroscópico e macroscópico.

Investigative experimentation: learning of chemical concepts through the partial assembly of a water treatment plant

ABSTRACT

In 2015, Brazil experienced a severe water crisis and this fact served as a subsidy for this project. The objectives of this project are analyzing if students of the second year of high school after completing a didactic sequence (SD) involving the partial construction of a water treatment plant, could make connections between the knowledge of Johnstone as well as to verify the previous experience related to the chemical concepts related to the theme. SD was composed of discussion, experimentation, discussion of specific chemical issues, and project evaluation. The results showed flaws in the interrelation of modes of representation and distinct degrees of conceptual errors in the questions. It was possible to establish an integrative reconciliation between the previous concepts and the scientific concepts addressed in the experiment and the proposed issues and to highlight the importance of the interpersonal interaction in the acquisition of technical and social knowledge besides improvement of the discursive capacity of each student.

Keywords: Investigative experimentation. Water treatment. Symbolic submicroscopic and macroscopic modes.

INTRODUÇÃO

A experimentação no ensino de química desperta o interesse de alunos de diferentes níveis de escolarização e torna-se ferramenta imprescindível para que se estabeleça uma relação entre o mundo microscópico e macroscópico. Além disso, o trabalho experimental abre caminhos para a construção de ideias e conceitos acerca de um fenômeno e promove uma reflexão racionalizada sobre as fontes de erro, assim como possíveis melhorias de um projeto de pesquisa (GIORDAN, 1999).

Segundo Queiroz e Almeida (2004), a experimentação deve integrar uma estrutura funcional entre o teórico e prático através de modelos simples que expliquem uma variedade de conceitos e que possam servir de subsídios para que o aluno possa explicar situações de laboratório ou do cotidiano. A experimentação encarada de forma investigativa tende a deslocar professor e aluno de experimentos meramente ilustrativos e com resultados já esperados, colocando uma interrogação no que se resultará após a finalização da atividade. Esse tipo de prática estimula os alunos a planejarem, a trabalharem em equipe, a discutirem os conhecimentos de cada um de acordo com sua vivência para chegar a um consenso e a estabelecer explicações lógicas (HODSON, 1994). De acordo com Junior *et al.*, (2008), a investigação possibilita intensificar e melhorar o papel do aluno na execução das atividades de laboratório, desde a problematização até uma possível solução para ele.

A química é vista como uma ciência de difícil compreensão e criação de modelos mentais pelos alunos, mesmo em uma atividade de investigação experimental, por ter a maioria de suas explicações e conceitos baseados no mundo microscópico, invisível aos estudantes. Para que a química possa ser bem compreendida é necessário que se transite entre o que não se vê, o que se vê e a representação simbólica do fenômeno observado. Nesse contexto, o professor escocês Alex H. Johnstone propôs a partir dos anos 90 que a compreensão da química se dará com sucesso se houver uma interação e transição entre três pilares aos quais, de modo geral, denominou “modos de representação”, sendo eles: modo submicroscópico, modo macroscópico e modo simbólico. O modo macroscópico é aquele correspondente aos fenômenos observáveis, sejam eles do cotidiano do aluno ou não e que podem ser vistos, por exemplo, através de experimentos. No modo submicroscópico, abstrato à visão, mas real em sua existência e veracidade, explica-se o que se observou no modo macroscópico, descrevendo esse processo através do movimento de elétrons, forças de interação e rearranjos atômicos, entre outras possibilidades. Já o modo simbólico é uma junção

formal e escrita dos dois outros modos de representação através de gráficos, equações químicas e matemáticas, tabelas, modelos, mecanismos de reação e etc (SANTOS; ARROIO, 2013).

Com um alunado cada vez mais conectado às tecnologias, o uso de experimentações que, assim como aparelhos eletrônicos, estimulem o pensamento e o domínio de conhecimentos, traz vantagens à compreensão e apreensão dos conceitos científicos abordados, favorecendo uma aprendizagem significativa segundo David Ausubel (AUSUBEL, 1968; AUSUBEL *et al.*, 1980; BRUM, 2014).

Os objetivos deste artigo foram norteados de maneira a reconhecer os conceitos prévios e científicos dos alunos relacionados à determinados tópicos da química relativos à água e integrar esses conhecimentos à novos e dar novo significado aos já existentes, analisar as conexões feitas entre os modos simbólico, submicroscópico e macroscópico na argumentação referente à montagem da ETA, ressaltar através da pirâmide de Glasser a importância de aprender com o outro, além da maneira que os alunos avaliam este tipo de ferramenta na melhoria de sua compreensão da química e suas aplicações.

METODOLOGIA

Foi estabelecida uma sequência didática de 4 a 5 aulas aplicada entre a 3^a e 4^a semanas do mês de agosto de 2015 para uma turma do 2^o ano do ensino médio regular de uma instituição de ensino particular de São Paulo visando trabalhar com as mais diferentes fontes de aprendizagem, porém deixando que o aluno fosse o construtor de seu conhecimento e o professor apenas um mediador entre cada aluno e a química.

Na primeira aula os alunos, em pequenos grupos, trouxeram artigos relacionados ao problema da falta de água e houve explanação do conteúdo para os demais grupos da sala e cada um pode dar seu parecer a respeito de cada matéria e, em seguida, discutiram-se as causas desse problema e quais seriam as possíveis soluções e o que cada um de nós pode fazer para minimizar o agravamento da situação. Ao final do debate foi apresentado um vídeo intitulado “Escassez da água” (Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=93YY-EscThI>), que traz informações sobre a água e apresenta através de imagens como estamos sendo afetados mundialmente por este problema.

Na segunda aula os alunos foram apresentados à situação-problema, onde receberam uma água previamente preparada pelo professor e que o objetivo que

deveriam alcançar era torná-la o mais límpida que pudessem utilizando os materiais que haviam disponíveis na bancada de trabalho. Foram informados de que o processo que estariam executando simulava parcialmente o tratamento feito por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) sobre as águas destinadas ao consumo. Dando continuidade à sequência didática proposta, os grupos se reuniram para discutir as questões contidas no roteiro de aula e, com base em seus conhecimentos prévios e científicos, propuseram respostas para cada uma delas. Houve posterior correção e discussão dessas respostas.

Na última etapa da SD foi exibido um vídeo produzido pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ) em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação e com o Ministério da Educação e o Ministério de Ciência e Tecnologia intitulado “A química do fazer - Tratamento de água” (Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=nUt_mrnPf00), mostrando aos alunos toda a estrutura do processo de uma Estação de Tratamento de Água. Como avaliação das informações advindas do vídeo foi aplicada uma atividade em que os alunos teriam que completar a sequência de uma ETA tendo, além das informações do vídeo, dicas para identificar cada uma das etapas.

O uso de debates em sala de aula e a aprendizagem significativa segundo David Ausubel

Como proposto na metodologia, a primeira parte da sequência didática foi composta pelo debate sobre temas relacionados à escassez de água e suas possíveis soluções. Os alunos, divididos em duplas, ficaram responsáveis por pesquisar sobre o assunto nas mídias, como revistas, jornais e outros meios de comunicação e deveriam trazer este material para a aula. Apesar da timidez inicial para expor seus argumentos sobre todos os temas abordados, houve participação de todos os presentes, que além de suas opiniões, trouxeram histórias vivenciadas sobre o desperdício de água e do problema da conscientização das pessoas quanto à gravidade do assunto e ao seu pensamento individualista quando questionadas sobre sua atitude. A Figura 1 mostra os títulos das reportagens apresentadas por cada dupla:

Figura 1 – Títulos das reportagens utilizadas no debate



Mesmo com tantos recursos digitais para que informações possam ser acessadas, a maioria dos adolescentes usa a *internet* como veículo para outras atividades que vão desde redes sociais até páginas de relacionamento afetivo. Poucas ou raras são as vezes que estes se interessam e tem o hábito de ler notícias ou assistir telejornais e torna-se mais do que necessário que atividades inseridas no âmbito escolar que promovam este tipo de interação do aluno com aquilo que acontece em sua cidade e no mundo sejam trabalhadas, pois além de fazê-los ler algo diferente do que estão adaptados, desperta o senso crítico, a argumentação quanto ao concordar e discordar de colegas e contribui para que a capacidade de ouvir o próximo e ter olhares diferentes sobre o mesmo assunto seja estimulada. Além disso, o debate traz a possibilidade do aluno assimilar novos conceitos e modificar conceitos prévios (aos quais Ausubel denominou subsunçores) presentes em sua estrutura cognitiva. Segundo a teoria da aprendizagem de David Ausubel, a aprendizagem significativa se dá por meio da assimilação de novos conceitos e proposições a partir de conceitos preexistentes já possuídos pelo aluno. A interação entre o novo conhecimento e o já existente gera modificações em ambos, ou seja, conforme o conhecimento prévio (subsunçor) serve de base para atribuir significados à nova informação, ele também se modifica e desta forma adquire novos significados, tornando-se diferenciado e mais estável, com melhor embasamento científico. Sendo assim, quando a nova informação ancora-se em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende, ocorre a aprendizagem significativa. Sob esta perspectiva, a estrutura cognitiva do aprendiz se reestrutura e esta reestruturação é um processo dinâmico e constante na aquisição de conhecimento (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA; MASINI, 2005; NOVAK; CAÑAS, 2010). Em vista dos relatos posteriores a esta fase do projeto e avaliação de toda a sequência

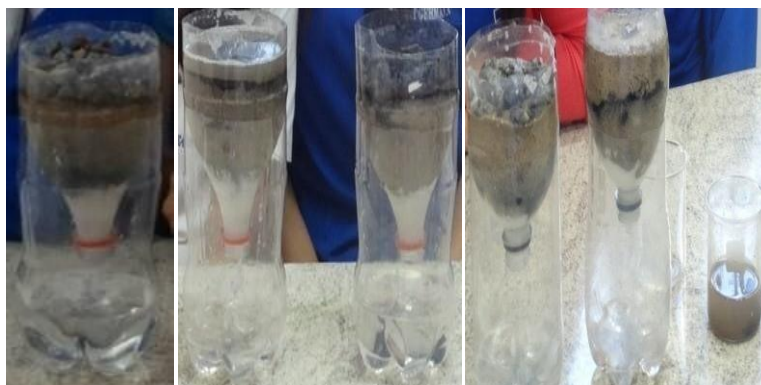
Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 2, p. 281-296, 2019 p. 285

didática, o quanto sentir-se parte do objeto de aprendizagem, debater com os colegas, interagir de uma forma menos hierárquica com o professor, ter atenção à sua fala e ideias, explicar e resumir os artigos escolhidos, recordar situações vividas e estruturar argumentos, trouxe uma motivação maior para aprender usando este tipo de ação. Para Coll *et al.* (2000), além de dar significado, o aluno precisa encontrar sentido à tarefa, estabelecendo conexão entre experiências, interesses e fatos do cotidiano. Deste modo, uma atividade simples e organizada como a proposta neste relato de experiência, favorece a elevação do nível de aquisição de conhecimento de cada aluno e desmistifica a sala de aula como um ambiente de aprendizado passivo e mecânico.

Análise das conclusões sobre a montagem da eta

Ao chegar ao laboratório para execução da montagem da ETA conforme previsto na segunda fase da sequência didática, os alunos observaram todos os materiais com os quais poderiam trabalhar e o único com o qual não tinham familiarização e os intrigou quanto ao aspecto foi o carvão ativado. Com os roteiros de aula em mãos, cada grupo formado por 3 ou 4 alunos passou a discutir como montariam seus filtros de modo a obter a água límpida esperada ao final do experimento. Feito isso passaram à sua execução e expressavam certo entusiasmo e ansiedade pelo que aconteceria. Dos três grupos formados, dois não conseguiram um resultado satisfatório na primeira tentativa e, portanto, retomaram a discussão procurando trocar a sequência de materiais baseados naquilo que imaginavam ser o melhor para filtrar a amostra de água que continha e alcançarem o objetivo determinado. Os resultados obtidos por cada grupo estão apresentados na Figura 2 (a), (b) e (c):

Figura 2 - Aspecto da água após a filtração



Finalizada a parte experimental, cada grupo explicou os critérios que nortearam

cada passo da montagem dos seus filtros. A seguir encontram-se as transcrições dessas explicações feitas pelos grupos 1, 2 e 3:

A primeira camada foi a de algodão para que as outras coisas que viessem por cima não descessem junto com a água. Na sequência o carvão ativado, pois ele existe nas praias embaixo da areia. Seria difícil encontrá-lo por cima da areia ou solto nas terras. Em terceiro a areia fina que filtra melhor as impurezas que a areia grossa que foi colocada por cima como a quarta camada. Por último as pedras que retém as impurezas maiores e visíveis. Entendemos que deveríamos filtrar começando pelas sujeiras maiores até as menores (GRUPO 1).

Fizemos duas tentativas, sendo que uma delas deu certo (a água ficou mais límpida). A que deu errado foi a que colocamos as pedras no meio das duas areias e a água final ficou turva. Na que deu certo colocamos o algodão primeiro para filtrar a sujeira que fosse descendo. Depois a areia grossa para barrar a sujeira que a areia fina por cima não tivesse tirado. As pedras e o carvão por último para segurar a sujeira mais grossa (GRUPO 2).

Fizemos duas experiências, porém uma deu mais certo que a outra. Na primeira a água ficou “esbranquiçada” depois que passou pelo filtro. A mais certa começamos colocando o algodão porque ele ia segurar todos os materiais que viriam por cima e ajudaria a absorver sujeira também. Aí veio a areia grossa porque ela prende bem mais coisas. Depois colocamos o carvão, pois tanto ele quanto a areia absorvem bastante. A areia fina vem na sequência e ela absorve mais água, mas não impede muita coisa na passagem de sujeira. A pedra foi posta por último porque a água vai passar por ela e a sujeira maior fica parada ali (GRUPO 3).

O objetivo conceitual analisado nesta etapa da sequência didática destinou-se verificar a relação feita pelos grupos entre os modos macroscópico e submicroscópico propostos por Johnstone. O esperado era que através de explicações relacionadas ao tamanho das partículas das impurezas, a sequência do filtro fosse montada seguindo esta linha de pensamento, onde a montagem se daria de modo a reter primeiro as partículas maiores até que no último estágio de filtração fossem retidas as partículas menores. O Grupo 1 foi o que formulou um discurso mais próximo do esperado, todavia com dificuldade de entender e compreender a função do carvão ativado no processo, não associando este com a filtração das espécies que dão coloração a água, por exemplo. Os demais grupos se atentaram mais ao reter das impurezas, preocupando-se pouco com a análise da dimensão das partículas contidas na água recebida e dos materiais utilizados.

As associações entre os modos submicroscópico e macroscópico vistas nos discursos mostraram que as conexões dos alunos dos Grupos 2 e 3 não foram apropriadas para uma associação significativa entre os modos e que os mesmos tentam explicar a química e os processos físicos como a filtração apenas no modo macroscópico, deduzindo, indiretamente, as características submicroscópicas.

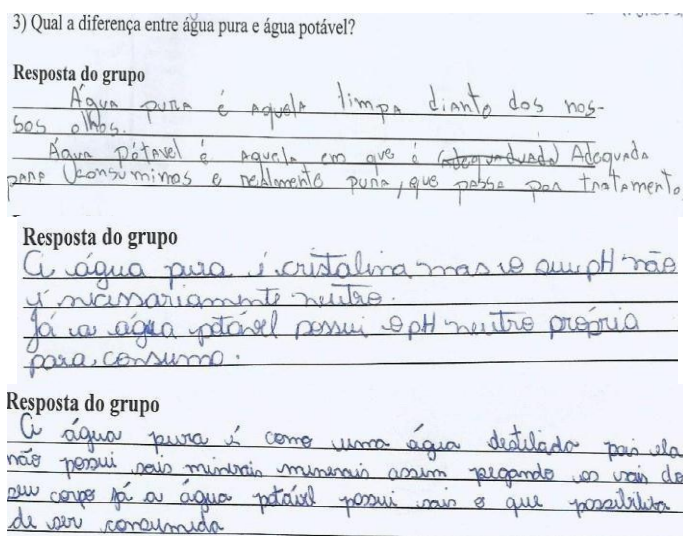
Para Kozma e Russell (1997) ter a habilidade de transitar entre os modos de conhecimento científico é de suma importância para uma aprendizagem significativa em química e, segundo Santos e Arroio (2013), tê-la ainda é um grande desafio para o ensino da química e faz com que os estudantes enfrentem dificuldades em fazer conexões entre as diferentes formas de representação do conhecimento e isso tem sido um dos principais empecilhos para a compreensão de fenômenos.

Discussão das respostas das questões propostas no roteiro de aula

Além da verificação e análise do tamanho de partículas na montagem da ETA, outros conceitos químicos que estão envolvidos nesta simples atividade prática foram propostos em questões que visavam primeiro entender o que o aluno já sabia sobre aquilo que se perguntava (conhecimentos prévios), porém com um espaço complementar para a formulação de uma resposta mais técnica e conceitual após diálogo com o professor e os demais grupos.

Das oito questões propostas, serão avaliadas apenas aquelas que apresentaram divergências quanto ao que se esperava que conceitualmente os alunos apresentassem como justificativa. Para todas as figuras, as respostas dos grupos serão apresentadas respectivamente na ordem: grupo 1, grupo 2 e grupo 3. A Figura 3, referente à questão 3 proposta no roteiro de aula, foi escolhida para integrar o questionário por abordar temas básicos de química que já foram estudados em alguns momentos dos anos anteriores da formação dos alunos. O intuito foi verificar o quanto abordagens vinculadas à substância simples e mistura homogênea são corretamente diferenciadas.

Figura 3 – Resposta à questão 3

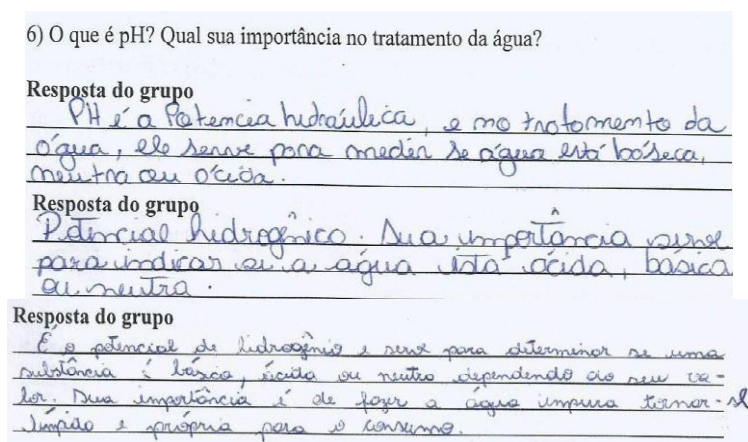


Analisando as respostas verifica-se que há noção, mesmo que incompleta, que a

água potável precisa alcançar algumas condições para que possa ser consumida, porém nenhuma compreensão ou menção dos conceitos pretendidos foi abordada por esses grupos. Entende-se que visualmente as águas são iguais, mas os que as diferenciam são, indiretamente e não citadas, características relacionadas ao modo submicroscópico e que não há associação com conceitos básicos de substância e mistura (MENDONÇA *et al.*, 2014). Enxergar o abstrato ainda é uma tarefa muito complicada aos alunos, pois estes se atentam mais às características macroscópicas do sistema.

Na questão 6 (Figura 4) pretendia-se que fosse definido conceitualmente pH (que já era um assunto conhecido pelos alunos, visto que foi objeto de estudo das aulas que antecederam o início desta sequência didática) e que os grupos demonstrassem a sua importância não apenas na medida baseada na escala de 0-14, mas que pudessem imaginar que as tubulações sofrem processos de corrosão caso estejam em pH muito baixo, o que significa uma alta concentração de íons H^+ . A reatividade dos metais com ácidos já tinha sido um assunto trabalhado na série anterior, assim como as características dos materiais metálicos.

Figura 4 - Resposta à questão 6

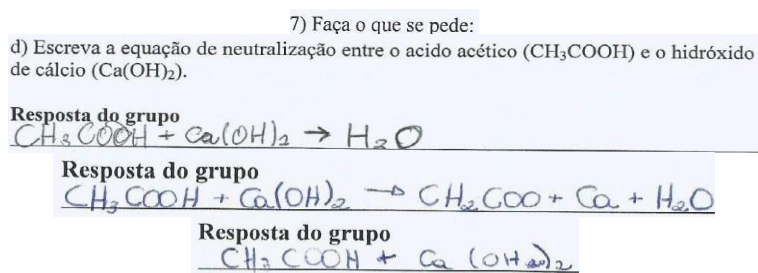


Pelas respostas dadas na Fig. 4, o conceito de pH não foi compreendido e houve dificuldade na utilização de linguagem científica e escrita correta dos termos técnicos como “hidrogeniônico”. No entanto, para estudar a ciência química é necessário entender esta linguagem científica, o que muitas vezes é um trabalho difícil, pois esta tem pouca relação com a linguagem informal e cotidiana (SILVA *et al.*, 2003). Porém, se compreendida pode facilitar o estudo e apreensão dos conceitos submicroscópicos (HOFFMANN; LASZLO, 1995). Os alunos compreenderam a utilização de pH na medida de acidez, alcalinidade ou neutralidade de uma solução e não houve, todavia,

nenhuma citação que pudesse estar relacionada à corrosão da tubulação ou a padrões de potabilidade da água de consumo. Houve dificuldade em contextualizar e pensar além do que foi apresentado teoricamente em aula e reviver e encaixar conteúdos passados com os atuais. Vale a pena ressaltar que no grupo 3 surgiu a ideia de que o pH admite a função de proporcionar limpidez a água como se fosse um agente de clareamento e limpeza de impurezas da água de amostra recebida para tratamento, como se a coluna de filtração não tivesse sido a principal responsável por isso.

A questão 7, item d, Figura 5, estabelecia uma conexão entre os modos submicroscópico e simbólico, cujo objetivo era que os alunos equacionassem a reação de neutralização entre a espécie ácida e básica. Na amostra recebida para “tratamento” foi adicionada uma alíquota de ácido acético para que pudessem ser feitas medidas de pH e as devidas correções para que a água final estivesse dentro dos padrões de potabilidade exigidos na legislação brasileira. Neste equacionamento esperava-se que o aluno compreendesse o rearranjo dos átomos como proposto no modelo atômico de Dalton para que novas substâncias sejam formadas, assim como os conceitos de solvatação, de íons e sua capacidade de serem apenas expectadores em um processo químico, além da ligação química entre o hidrogênio ácido e a hidroxila para a formação de água e neutralização da solução final.

Figura 5 - Resposta à questão 7 (d)



O que se observa nas respostas dos grupos é uma dificuldade moderada em equacionar processos, com exceção do grupo 3, porém todos conseguiram explicar que o intuito de se adicionar uma base a uma solução ácida era aumentar o pH para que fosse alcançada uma neutralidade ou ficar dentro do “normal” em outro item do mesmo exercício. Outra dificuldade apresentada foi na determinação da carga dos íons e na estequiometria, pois balanceamento é muito complexo na visão de todos. Com isso acarreta-se uma dificuldade no entendimento das leis ponderais que regem qualquer sistema reacional. Essa dificuldade de equacionar e balancear reações químicas está

intrinsecamente ligada à inabilidade da compreensão do modo submicroscópico proposto por Johnstone, ou seja, de compreender aquilo que é subjetivo e abstrato aos olhos. O ensino de balanceamento, seja por qual método for, sempre é muito matemático e sem significado e interconexão com o arranjo e rearranjo de átomos, quebra e formação de ligações, proporções e conservação da matéria (MORTIMER; MIRANDA, 1995; MIGLIATO FILHO, 2005; DULA, 2018). Os grupos 1 e 2 conseguiram entender a formação de água no processo como a neutralização das espécies, justificando assim, a elevação no pH que foi medida posteriormente a adição de base com papel indicador universal, sendo que o grupo 2 apresentou os íons expectadores, porém sem suas cargas formais.

Para responder à questão 8 (Figura 6), após a filtração da amostra os grupos foram orientados a fazer a correção do pH para que a água filtrada atendesse aos padrões de potabilidade seguidos pela ETA. Antes de iniciar a adição de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) os valores medidos com o papel indicador universal pelos grupos 1, 2 e 3, respectivamente, foram: 5, 4 e 4. Conforme foram pipetando alíquotas de $Ca(OH)_2$ e misturando sob agitação na amostra final, novos valores de pH foram sendo medidos até que o professor dissesse que haviam chegado em um resultado satisfatório. Os novos valores encontrados foram: 9, 7 e 7. Para dar suas respostas, os grupos compararam entre si os valores finais de pH obtidos e receberam a informação de que a faixa proposta deveria se iniciar entre 6 e 7.

Figura 6 - Resposta à questão 8

8) Qual a faixa de pH da água que consumimos? Águas com pH que estejam abaixo ou acima desse valor podem ser consumidas? Justifique.

Resposta do grupo

O pH ideal da água é 7, mas caso o pH que esteja em torno desse valor, também pode ser consumível. (6 a 9)

Resposta do grupo

O pH deve estar entre 6 a 8 sendo 7 o pH ideal. Não, pois com o pH baixo (ácido) ou alto (base) a pessoa que ingerir poderá passar mal.

Resposta do grupo

O pH é 7. Não, pois se estiver próximo de 7 tornar-se-á básico como o valor de material de limpeza, se estiver valores de 7 a água terá um caráter ácido.

A ideia de que apenas o pH 7 não é prejudicial à saúde por ser um valor no qual as soluções encontram-se neutras é onipresente nas respostas formuladas pelos grupos. Quaisquer variações neste valor são entendidas como nocivas e isso pode estar associado à forma como os ácidos e as bases são encarados pela sociedade leiga e pela

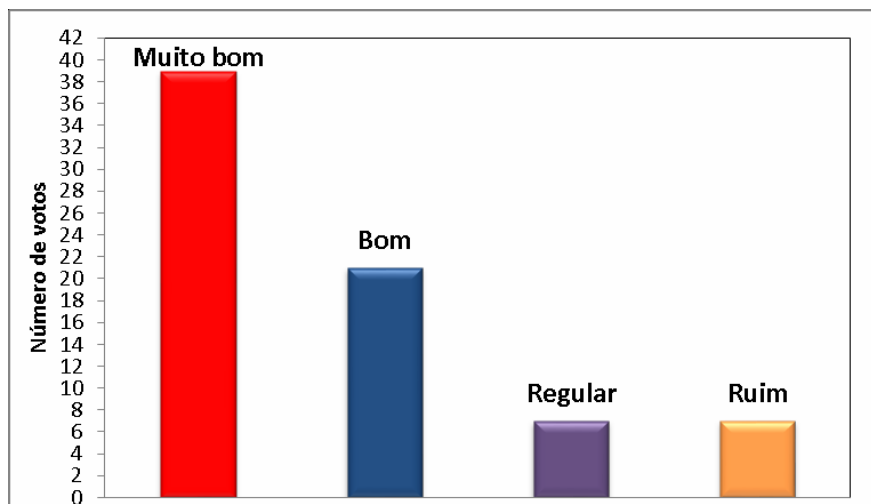
força do senso comum para explicar fenômenos e para entender a ciência (OLIVEIRA, 2008; LIMA, 2016). Também é notável que a água é interpretada como sendo propriamente um ácido puro ou base pura se extrapolar o pH 7 e não que esta tenha um caráter ácido ou básico baseado em seu próprio equilíbrio químico e no deslocamento do mesmo de acordo com o Princípio de Le Chatelier ou pela presença de substâncias dissolvidas como gás carbônico, bicarbonatos, carbonatos e etc.

Essa questão foi proposta justamente para desconstruir o conceito equivocado que os alunos têm de que o pH neutro seja o melhor e essencial no cotidiano, fazendo com que entendam que ser e ter caráter ácido ou básico são fatos distintos. De acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), a água que chega às nossas torneiras deve estar em uma faixa de pH que vai de 6,0 a 9,5. Valores abaixo de 6,0 comprometem a vida útil da tubulação que sofrerá oxidações com maior rapidez. Valores acima de 9,5 comprometem a vazão, pois favorecem o aparecimento de incrustações. Sendo assim vê-se que não há influência, no caso da água, do valor do potencial hidrogeniônico sobre a saúde humana e que estando dentro dos demais padrões exigidos (químico e biológico, entre outros), qualquer água é passível de ser consumida.

Avaliação da sequência didática

Ao finalizar a sequência didática os alunos, individualmente, a avaliaram. Para isso responderam a um questionário sobre a experiência da troca de informações com os colegas de classe, sobre a dificuldade ou facilidade da realização da atividade experimental, do quanto os vídeos apresentados foram relevantes no processo de aprendizagem, o quanto a atividade avaliativa final foi objeto de fazer pensar e não de exigir respostas mecânicas, a ordem das aulas propostas nesta sequência didática e o quanto esta influenciou na sua melhor assimilação dos conteúdos. As avaliações, de modo geral, estão apresentadas na Figura 7:

Figura 7 - Avaliação da sequência didática pelos alunos



As respostas apresentadas nesse gráfico evidenciam que os alunos apreciaram (Muito bom e Bom) a utilização dessa metodologia e como ela influencia para que antigos, atuais e novos conceitos sejam compreendidos de forma mais consistente. Dentre os comentários feitos é relatada a importância que se deu aos conhecimentos preexistentes e como foi importante debater e ouvir as opiniões dos demais colegas sobre os assuntos de cada artigo relacionado ao tema proposto e que dessa forma cada um se sentia como parte da construção do conhecimento. Os alunos que responderam regular e ruim justificaram que houve pouca dificuldade apresentada durante o processo de filtração, visto que todos alcançaram os resultados esperados. Queriam um pouco mais de desafio.

Algumas sugestões foram dadas por alguns alunos para serem usadas nesta ou em outras sequências didáticas, como o uso de gincanas e mais debates para que atividades como esta tenham cada vez mais um caráter diferenciado das aulas convencionais.

CONCLUSÃO

Luís de Camões em um de seus sonetos diz que os tempos e os seres mudam e que continuamente estamos diante de novidades. Trazendo esse pensamento para o meio acadêmico fica clara a necessidade de atualização nas metodologias e estratégias didáticas para que os alunos sejam conduzidos a uma aprendizagem significativa, pois esses estão em constante transformação de acordo com as tecnologias e novas necessidades de conhecimento da sociedade e do mundo que os cerca. Os docentes

precisam compreender a importância de sair de sua zona de conforto e enxergar que o modo tradicional de ensino precisa passar por modificações para que suas aulas sejam interessantes e atendam às necessidades atuais da educação, ou estarão condenados à aulas enfadonhas onde o aluno apenas será ouvinte de uma gama de informações que lhe será útil apenas para as avaliações de rotina, mas não no contexto de sua vida. Claro que atualizar-se e se usar de novas metodologias não deve ser um processo simplesmente para mascarar o tradicionalismo, visto que ensinar a tabuada, por exemplo, fazendo os alunos repetirem dezenas de vezes o que está escrito na lousa e repetir o mesmo procedimento usando um projetor de slides, não significa mudança alguma para promover a aquisição de conhecimento.

Ainda em relação ao ensino tradicional vale destacar o uso constante de experimentações ilustrativas nas aulas de química: estas podem e devem ser utilizadas em alguns momentos, seja antes, durante ou após o conteúdo ao qual se destinam, mas deve-se ter consciência que nem sempre essas experiências são contextualizadoras e que seu uso excessivo pode criar no aluno a sensação que a ciência é algo pronto, ilustrado, sem muitas possibilidades e aplicações no cotidiano.

A adoção de experimentações com caráter investigativo promove uma interação maior com o conteúdo e desperta a curiosidade do aluno e faz com que o mesmo associe fatos do seu dia a dia na resolução de um problema. É sem dúvidas uma ferramenta fundamental de aprendizagem se bem elaborada e traz um sentido maior da serventia da ciência, no caso a química, na sociedade e em tudo o que ela está envolvida. É ainda de grande contribuição para que o professor possa encontrar lacunas associadas a conceitos químicos durante o processo de formação escolar, lapidando aquilo que os discentes já sabem e tornando mais eficiente a compreensão científica do universo por cada um, além de poder ajustar o próprio método de ensino para que concepções alternativas e o senso comum sejam cada vez menos frequentes nas explicações de fenômenos e que os modos concebidos por Johnstone firmem-se e interliguem-se de forma mais eficaz.

No que diz respeito aos conteúdos abordados vê-se que algumas dificuldades encontradas nas respostas devem-se à falta de interdisciplinaridade e ao modo como as matérias são dispostas nos sistemas de ensino. Percebe-se que os alunos interpretam os conhecimentos aprendidos como parte de um ano letivo, mas não como uma ponte ou complemento para assuntos posteriores. Os conceitos são fragmentados e como peças de um quebra-cabeça sem encaixe. A interdisciplinaridade pode ser abordada especificamente quando é trabalhado o tão temível balanceamento de equações

químicas, que primeiramente é ensinado através do método das tentativas, que costuma ser complexo e desestimulador, mas importante por desenvolver raciocínio lógico, concentração e fazer com que o aluno perceba os rearranjos atômicos ocorridos e a conservação da matéria. A matemática através de sistemas de equações (método algébrico) pode ser uma grande aliada nesse quesito e contribuir para uma resolução mais rápida no acerto dos coeficientes estequiométricos.

Sendo assim, o uso e desenvolvimento de projetos experimentais ou outras ferramentas que contribuam para estimular o aluno a aprender e se interessar pela química e a busca por inovações e tendências no ensino da mesma e de práticas didático-pedagógicas de modo geral em congressos, conferências, encontros ou outras modalidades de busca, constituem um precioso tesouro para que a formação de professores, dos alunos e do futuro da educação, sejam promissores e tragam consigo bons frutos para a sociedade, para o meio ambiente e para a nação.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Marco Antonio (UFABC) e Fernando (UFABC) e seus monitores pela orientação no planejamento e aplicação deste projeto. Ao Colégio Saint Germain por todo apoio pedagógico, aos alunos do 2º ano do ensino médio de 2015 pela dedicação e responsabilidade durante a realização de todas as atividades propostas nesta sequência didática e aos pais por permitirem o uso de imagem e voz dos alunos para produção de material audiovisual complementar para enriquecer este trabalho.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view.** (1ª ed) Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1968. 685 p.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Trad. Eva Nick et al., Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Lex: Sistema de Legislação da Saúde, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 12 fev. 2018

BRUM, W. P. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis**, v. 9, n. 2, 2014.

COLL, C. *et al.* **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes.** Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

DULA, D. E. Improving the problems of writing chemical symbols, formulae and chemical equations an Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 2, p. 281-296, 2019

- action research. **Annals of Reviews Research**, v. 4, n. 3, p 1-9, 2018.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 43-49, 1999.
- HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias, Barcelona**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- HOFFMANN, R.; LASZLO, P. A. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gravida, 1995.
- JUNIOR, W. E. F; FERREIRA, L. H; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 30, p. 34-41, 2008.
- KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 9, p 949–968, 1997.
- LIMA, C. **Ensino dos conceitos ácido e base na perspectiva histórico-crítica**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvafor, 2016.
- MENDONÇA, M. F. C.; PAIVA, P. T.; MENDES, T. R.; BARRO, M. R.; CORDEIRO, M. R.; BOSSOLANI, K. A água da fonte natural: sequência de atividades envolvendo os conceitos de substância e mistura. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 2, p.108-118, 2014.
- MIGLIATO FILHO, J. R.. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. 2005, 130 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005..
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2005.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, v. 2, p. 23-26, 1995.
- NOVAK, J. D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.
- OLIVEIRA, A. M. **Concepções alternativas de estudantes do ensino médio sobre ácidos e bases: um estudo de caso**, 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- QUEIROZ, S. L.; ALMEIDA, M. J. P. M. **Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química**, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n1/03.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2018.
- SANTOS, V. C.; ARROIO, A. A química nos modos macroscópico, microscópico e simbólico: Uma revisão sobre as contribuições para pesquisas em ensino de química. In: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 7., 2013, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: UFABC, 2013. p. 1-3.
- SILVA, S. M.; EICHLER, M. L. DEL PINO, J. C. As percepções dos professores de química geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 585-594, 2003.