

Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base

Cleuzane R. Souza e Fernando C. Silva

O ensino pautado na simples transmissão de informações, sem uma atenção para como essa informação vai ser significada pelo estudante, pode explicar a dificuldade na aprendizagem dos conceitos ácido e base. Muitas críticas têm sido feitas a essa forma de abordagem das definições de ácido e base nos livros didáticos. Assim, nosso objetivo foi compreender como os estudantes de duas turmas de Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, após utilização de uma sequência didática com uma abordagem investigativa. Os instrumentos de produção de dados utilizados foram registros escritos dos estudantes, e a Análise Textual Discursiva foi empregada para compreensão desses registros. Embora os estudantes tenham apresentado muitas dificuldades para expor suas ideias, eles forneceram soluções para o problema levantado e propuseram experimentos. Percebemos uma evolução das ideias relacionadas ao conceito de ácido e base ao longo da sequência didática. No que se refere aos conceitos discutidos, os estudantes reconheceram que a mudança de cor de um indicador está relacionada a sua forma no meio em questão, e que um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton (H^+) apenas se houver uma base para aceitá-lo. A abordagem investigativa propiciou aos estudantes aplicarem os conceitos ácido e base no contexto da organização de materiais, mas também nos sérios problemas ambientais ocasionados pelo descarte inadequado desses materiais.

► educação em química, ensino de ciências por investigação, experimentação no ensino médio ◀

Recebido em 21/09/2017, aceito em 21/02/2018

A abordagem das definições de ácido e base de forma cumulativa e sequencial pode dificultar o entendimento dos estudantes a respeito desses conceitos (Vos e Pilot, 2001; Paik, 2015). Dessa forma, considerar o contexto em que essas definições surgiram pode ser mais adequado para a aprendizagem dos estudantes (Vos e Pilot, 2001). Adicionalmente, as ações do professor na sala de aula devem proporcionar condições para os estudantes i) apresentarem seus conhecimentos prévios, ii) discutirem esses conhecimentos com seus colegas e o professor, iii) perceberem que novos conceitos precisam ser construídos e iv) participarem ativamente na construção desses novos conceitos (Carvalho, 2013). Assim, nosso objetivo foi compreender como os estudantes de duas turmas do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, por meio de atividades investigativas.

A seção "Ensino de Química em Foco" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

Referencial Teórico

As sequências didáticas investigativas podem ser propostas abrangendo um conteúdo do programa escolar, neste caso, os conceitos de ácido e base. Apresentamos a seguir o nosso entendimento sobre o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) e, dentro dessa abordagem didática, a maneira como percebemos a experimentação.

Ensino de Ciências por Investigação com Foco na Experimentação

No ENCI, o professor atua como "catalisador", guiando as atividades, a interação e as discussões entre os estudantes, e não como fonte de todas as informações (Lamba, 2015). De acordo com Lamba (2015), essa abordagem envolve três estágios metodológicos: i) exploração – um problema é apresentado, introduzindo os estudantes no contexto do conceito a ser estudado e oferecendo condições para pensarem sobre a resolução do problema; ii) invenção – estratégias utilizadas para a resolução do problema e, iii) aplicação – momento em que ocorre a contextualização do conceito estudado,

oferecendo condições para a aplicação do mesmo em outras situações (Lamba, 2015). Esses estágios serão detalhados a seguir, aliando-os às ideias de Carvalho (2013), no que se refere ao planejamento de uma sequência didática investigativa com um problema experimental.

Diversas pesquisas, dentre as quais citamos Suart e Marcondes (2009) e Lamba (2015), têm criticado o uso da experimentação como forma de verificar o que já foi ensinado em sala de aula. No ENCI, considerando um problema experimental, as atividades experimentais assumem uma função bem mais ampla, na qual os conceitos são explorados. O foco das discussões em sala de aula está na utilização de dados para derivar conceitos, e não simplesmente informar aos estudantes esses conceitos (Lamba, 2015). No ENCI, a experimentação pode ser planejada de diversas formas, dependendo das condições operacionais e do nível de abertura que se dá aos estudantes (Hofstein, 2015). Neste trabalho, a experimentação foi conduzida da seguinte forma:

Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor. Nessa etapa o professor divide a classe em grupos pequenos, distribui o material, propõe o problema e confere se todos entenderam o problema a ser resolvido [...].

Etapa de resolução do problema pelos alunos. Nesta etapa o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses e o teste dessas hipóteses [...].

Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos. [...] Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado [...].

Etapa do escrever e desenhar. Esta é a etapa da sistematização individual do conhecimento. [...] É necessário, agora, um período para a aprendizagem individual [...] (Carvalho, 2013, p. 11-13).

Percebe-se que esse planejamento é o oposto do método em que os estudantes recebem as instruções de como executar cada procedimento para obter um resultado pré-determinado (Lamba, 2015).

Existem diferentes abordagens experimentais e, dependendo de como são conduzidas, podem dificultar ao invés de facilitar o entendimento dos estudantes. Além disso, podem reforçar uma imagem ultrapassada da Química e da atividade dos químicos (Hofstein *et al.*, 2013). É possível até mesmo que se crie, em sala de aula, uma imagem estereotipada,

na qual o cientista é visto como alguém do sexo masculino seguindo um roteiro em um laboratório com grandes vasos de vidro, explosões e mau cheiro poluindo o ar (Bell *et al.*, 2015). Quando a experimentação é usada para comprovar a teoria, ou quando ela não dialoga com os conceitos, geralmente é entendida apenas como forma de motivar os estudantes. Nesse sentido, normalmente, essas atividades são organizadas pelo professor que planeja o experimento fornecendo as instruções detalhadas sobre a atividade (Hofstein *et al.*, 2013). Acreditamos que a experimentação não deve ser reduzida a essa forma de entendimento. Defendemos uma experimentação que propicie aos estudantes

um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica (Carvalho, 2013, p. 9).

Esse ambiente investigativo se refere a tornar as aulas experimentais um espaço para os estudantes questionarem, planejarem, levantarem dados e avaliarem suas próprias conclusões (Hofstein *et al.*, 2013). Mesmo que essas conclusões estejam erradas, isso faz parte do processo de construção do conhecimento, conforme descrito por Capecchi (2013, p. 25): “é preciso que tenham oportunidade de errar, não se atendo apenas a tentativas desprovidas de reflexão, mas avaliando suas ações e formas de interpretação, que levam a erros e acertos”.

Essas ideias estão alicerçadas em perspectivas construtivistas com uma visão sociocultural da aprendizagem e da Ciência. A visão sociocultural da Ciência enfatiza que o conhecimento científico é socialmente construído. Assim, a investigação científica é vista como um processo, em que explicações são desenvolvidas para dar sentido aos dados obtidos e apresentadas a uma comunidade para crítica, discussão e revisão. Fundamentalmente, essa reconceitualização da Ciência a partir de uma perspectiva individual para social muda a visão dos experimentos como uma forma de retratar o método científico. Em vez de entender os procedimentos do experimento como “o método científico”, este é avaliado pelo papel que desempenha na prestação de evidências para a construção do conhecimento. Essa negociação de evidências é socialmente mediada pela linguagem, isto é, a discussão estabelecida pela comunidade científica para aceitação ou negação do conhecimento. Como consequência, a aprendizagem em Ciências é vista como a socialização em uma cultura científica. Portanto, os estudantes precisam de oportunidades para pensar, praticar e falar de suas ideias sobre a Ciência

Diversas pesquisas, dentre as quais citamos Suart e Marcondes (2009) e Lamba (2015), têm criticado o uso da experimentação como forma de verificar o que já foi ensinado em sala de aula. No ENCI, considerando um problema experimental, as atividades experimentais assumem uma função bem mais ampla, na qual os conceitos são explorados. O foco das discussões em sala de aula está na utilização de dados para derivar conceitos, e não simplesmente informar aos estudantes esses conceitos (Lamba, 2015).

uns com os outros e com o professor, e a experimentação pode ser um momento rico para isso (Hofstein *et al.*, 2013).

Procedimentos Metodológicos

O tema “ácidos e bases” integra o currículo de Química para o Ensino Médio e também para alguns cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, muitos estudantes sentem dificuldades em aprendê-los. Ao tratar da relação entre as diferentes teorias usadas para definir ácidos e bases, Paik (2015) ressalta que diversos pesquisadores investigaram as causas das dificuldades em diferenciar essas definições e sugerem estratégias para as mesmas, como, por exemplo, considerar o contexto em que essas definições surgiram.

Uma sequência didática foi elaborada para estudantes do Ensino Médio e pautada nos referenciais teóricos de ENCI, principalmente, naqueles de Carvalho (2013). As cinco aulas (cada uma de 50 minutos) foram distribuídas da seguinte forma:

1ª aula: aplicação da atividade inicial e problematização. Nesta aula, foi aplicada uma atividade para conhecer as ideias dos estudantes e verificar se o problema levantado – *“Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos, etc. Em nossa casa, organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?”* – seria de interesse dos mesmos, envolvendo-os na procura de soluções e permitindo aos estudantes exporem seus conhecimentos anteriormente adquiridos (Carvalho, 2013).

2ª aula: problematização e levantamento de hipóteses. Nesta aula, a classe foi dividida em grupos e o problema levantado na 1ª aula foi retomado. A professora verificou se todos os estudantes entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não haver interferência na resolução do mesmo (Carvalho, 2013). Um tempo foi dado para que eles pensassem. Em seguida, realizou-se uma discussão com cada grupo para que eles levantassem hipóteses e propusessem um experimento para testá-las (Carvalho, 2014). Após a descrição da proposta pelos grupos por meio de uma atividade escrita, elas foram recolhidas para se iniciar a leitura e discussão de um texto relacionado à utilização de indicadores ácido-base.

3ª aula: discussão das hipóteses e realização dos experimentos. Nesta aula, discutiu-se com toda a turma todos os experimentos propostos e, a partir dessa discussão, decidiu-se qual experimento seria realizado e os procedimentos

necessários (Carvalho, 2014). Nesse momento, o foco da aula não foi discutir o conceito a ser ensinado (indicadores de ácido e base), “mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses [...] e os testes dessas hipóteses [...]” (Carvalho, 2013, p. 11). Após a realização do experimento, as respostas dadas pelos grupos para as questões levantadas foram recolhidas.

4ª aula: leitura e discussão de um texto. Nessa aula, fez-se a leitura e a discussão do texto sobre a teoria dos indicadores, para sistematização dos conhecimentos abordados. Essa discussão é importante, pois “ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado” (Carvalho, 2013, p. 12). Durante a discussão, reforçou-se a mudança de cor dos indicadores em diferentes meios, utilizando a definição de ácido e base de Brønsted-Lowry, e retomando o que foi discutido durante os experimentos (Carvalho, 2013).

5ª aula: produção textual pelos estudantes. Nessa aula, pediu-se que os estudantes, individualmente, escrevessem um texto sobre o problema levantado na sala de aula, abor-

dassem os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado dos materiais utilizados no experimento e explicassem o impacto causado por eles no meio ambiente. Esse momento se refere à sistematização individual do conhecimento (Carvalho, 2013). Os estudantes, ao longo da sequência didática, discutiram entre si em cada grupo e com toda a turma, guiados pela professora e, por fim, realizaram uma produção textual. De acordo com Carvalho (2013, p. 13) citando Oliveira e Carvalho (2005):

O tema “ácidos e bases” integra o currículo de Química para o Ensino Médio e também para alguns cursos de graduação e pós-graduação. Entretanto, muitos estudantes sentem dificuldades em aprendê-los. Ao tratar da relação entre as diferentes teorias usadas para definir ácidos e bases, Paik (2015) ressalta que diversos pesquisadores investigaram as causas das dificuldades em diferenciar essas definições e sugerem estratégias para as mesmas, como, por exemplo, considerar o contexto em que essas definições surgiram.

O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento.

A sequência didática foi aplicada em duas turmas de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada em Minas Gerais. A escola foi escolhida por ser pública e retratar as condições gerais da Educação no Brasil.

Como instrumentos de produção de dados foram utilizadas as atividades escritas dos estudantes. Esses instrumentos foram escolhidos considerando que nosso objetivo estava centrado na investigação dos conceitos de ácido e base apresentados pelos estudantes, no que se refere, principalmente, à investigação das propriedades ácidas ou básicas de materiais

e à definição de ácido e base que explicaria a mudança de cor dos indicadores.

A compreensão das respostas fornecidas pelos estudantes foi construída empregando a Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiuzzi, 2016). As respostas fornecidas pelos estudantes foram desconstruídas em unidades de sentido, as quais foram codificadas para localização das produções que lhe deram origem. As categorias não foram estabelecidas previamente, mas emergiram a partir do processo de análise e das relações entre as unidades de sentido. Essas categorias possibilitaram novas compreensões, a partir de nossa própria interpretação e dos referenciais teóricos utilizados (Moraes e Galiuzzi, 2016). Após o estabelecimento das categorias, elas foram discutidas e interpretadas, e em muitos momentos, para justificar as discussões, utilizou-se da transcrição dos registros escritos dos estudantes.

Resultados

Compreendendo as Ideias Prévias Apresentadas pelos Estudantes

A atividade inicial foi elaborada com duas questões abertas, baseadas na identificação de materiais utilizados no dia a dia. Na primeira questão, pretendia-se identificar como eles diferenciavam alguns alimentos no dia a dia, supostamente, por meio de propriedades organolépticas. A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas para a primeira questão emergiram as categorias indicadas no Quadro 1.

Embora as propriedades organolépticas não sejam adequadas para identificar as substâncias, como se trata de alimento (vinagre), esse seria o procedimento adotado

pela maioria dos estudantes. No entanto, os riscos existem se ocorrer uma inalação por um longo tempo ou ingestão excessiva. É necessário esclarecer que não estamos incentivando os estudantes a inalarem ou ingerirem vinagre, apenas utilizando a situação para a problematização inicial da sequência didática.

Alguns estudantes reconheceram os riscos à exposição de substâncias e, mesmo se tratando de um produto alimentício, utilizariam as propriedades específicas para identificar o vinagre. Percebemos que os estudantes usaram os conhecimentos adquiridos anteriormente como uma possibilidade de resolver o problema proposto. No entanto, eles consideraram o vinagre como uma substância e não uma mistura de várias substâncias (principalmente, água e ácido acético). Além disso, eles não explicaram como utilizariam essas propriedades para identificar o vinagre. Alguns estudantes, no entanto, identificariam o vinagre pela classificação da substância em simples ou composta. Pode-se perceber as dificuldades dos estudantes em diferenciar substâncias de misturas. Silva e Amaral (2016) analisaram as concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o conceito de substância, afirmando que as ideias informais expressas pelos estudantes podem estar relacionadas com uma discussão limitada, ou até mesmo inexistente, na sala de aula.

Apenas um estudante utilizou a mudança de estado físico para classificar o vinagre. Acredita-se que o estudante pretendia utilizar uma propriedade específica para identificar o vinagre, como por exemplo, a temperatura de ebulição. No entanto, ele escreveu apenas a mudança de estado.

Na segunda questão, como se tratava de um material de

Quadro 1: Categorias identificadas para a primeira questão

Imagine uma situação em que sua mãe solicitou que você pegasse o vinagre na geladeira para ela. Entretanto, ao abrir a geladeira você deparou com vários líquidos que não possuíam rótulos. Qual o procedimento adotado por você para identificar o vinagre?		
Categorias	Subcategorias	Estudantes*
Propriedades organolépticas	Cor	E1A, E8A, E15A, E20B, E21B, E28B e E30B
	Sabor	E1A, E5A, E6A, E12A, E20B, E21B, E22B, E23B, E24B, E25B e E29B
	Odor	E1A, E2A, E3A, E5A, E6A, E7A, E8A, E10A, E12A, E13A, E14A, E15A, E16A, E17A, E19B, E20B, E21B, E22B, E23B, E24B, E25B, E28B, E29B e E30B
	Aspecto	E8A e E24B
Propriedades específicas	Densidade	E4A, E9A, E16A, E18B, E23B, E24B, E28B e E30B
	Ponto de fusão	E4A, E9A, E17B, E18B, E23B, E24B, E26B, E27B, E28B e E30B
	Ponto de ebulição	E4A, E9A, E17B, E18B, E23B, E24B, E26B, E27B, E28B e E30B
Mudança de estado físico	Ebulição	E11A
	Condensação	E11A
Classificação das substâncias	Substância simples	E22B e E29B
	Substância composta	E22B e E29B

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.

limpeza, esperava-se que os estudantes não mencionassem as propriedades organolépticas, visto que, no rótulo desses produtos existem orientações de que não se deve inalar ou ingerir tais misturas. A partir da análise das respostas dos estudantes das duas turmas foram estabelecidas as categorias indicadas no Quadro 2.

Os estudantes ainda utilizaram as propriedades organolépticas para identificar a água sanitária, mas por meio do tato e odor. Ao contrário do observado para a primeira questão, os estudantes não mencionaram o sabor, associando riscos à ação de ingerir água sanitária. Embora a inalação deva ser evitada, pelo cheiro característico seria possível identificá-la, conforme transcrito a seguir: “Apenas não utilizaria o paladar, pois pode ser tóxico” (E1A).

As propriedades específicas também seriam utilizadas pelos estudantes, mas, como na questão anterior, eles não explicaram como se daria essa identificação.

Alguns estudantes identificariam pela cor ou formato da embalagem, conforme transcrito a seguir: “[...] ver a cor do litro (sic) que a água (sic) estava e ele e (sic) verde” (E10A). Em geral, os frascos que contêm a água sanitária são verdes e com um formato característico e, possivelmente, o estudante entendeu essa característica como um critério seguro para a identificação de seu conteúdo.

A resposta transcrita a seguir ilustra o uso de propriedades químicas para a identificação da água sanitária: “Faria testes ex: (sic) pegar a água sanitária e colocar em um tecido preto ou qualquer se o tecido começar ficar branco é água sanitária” (E16B). O estudante explica como essa identificação ocorreria, por meio da adição da água sanitária ao tecido, seguido de seu descolorimento. Provavelmente, alguns estudantes já presenciaram essa situação, e esse método seria eficaz e sem riscos para a identificação da água sanitária. O

estudante não utiliza os termos “transformação química” ou “reação química” para explicar a alteração de cor. Essa resposta nos chamou a atenção, pois a partir do uso de uma propriedade química o estudante identificaria o material.

A partir dessas questões conheceram-se as ideias dos estudantes e um problema foi proposto, criando situações em que os mesmos seriam levados a raciocinar e (re)construir novas ideias, conforme indicado por Carvalho (2013). Além disso, isso nos permitiu discutir com mais ênfase certos conceitos ao longo da sequência didática, articulando esses conceitos com o contexto mais adequado, o que tem sido sugerido no estudo de Paik (2015).

Compreendendo as Ideias dos Estudantes nos Grupos

Em ambas as turmas, discutiu-se a atividade inicial, mas os conceitos ácido e base não foram abordados. Na 2ª aula, pediu-se aos estudantes que formassem grupos, ampliou-se a situação problema e forneceu-se um tempo para que os estudantes propusessem uma solução. A formação de grupos de estudantes para levantamento e teste de hipóteses pode facilitar a comunicação entre os estudantes, pois os mesmos podem possuir desenvolvimento intelectual semelhante e maior liberdade para proporem ideias uns para os outros, do que para o professor (Carvalho, 2013). Por meio da análise do material produzido pelos grupos de estudantes foi possível estabelecer as categorias indicadas no Quadro 3.

Surgiram muitas questões durante essa atividade, mas não houve qualquer interferência com propostas de solução para o problema e os estudantes de ambas as turmas puderam recorrer ao livro didático. Durante a discussão nos grupos, observou-se uma dificuldade dos estudantes explicarem cada proposta de solução do problema. Não se esperava que eles organizassem os materiais em ácidos e bases, visto que, até

Quadro 2: Categorias identificadas para a segunda questão

Imagine outra situação em que sua mãe solicitou que você pegasse água sanitária para ela, mas os materiais de limpeza de sua casa estavam com os rótulos danificados. Você usaria o mesmo procedimento da questão anterior? Explique.		
Categorias	Subcategorias	Estudantes*
Propriedades organolépticas	Tato	E1A, E5A, E8A, E20B, E21B, E22B, E23B e E25B
	Odor	E1A, E2A, E6A, E12A, E13A, E15A, E19B, E20B, E21B, E22B, E23B e E25B
Propriedades específicas	Densidade	E4A, E9A, E24B, E28B e E30B
	Ponto de fusão	E4A, E9A, E17B, E24B, E26B, E28B e E30B
	Ponto de ebulição	E4A, E9A, E17B, E24B, E26B, E28B e E30B
Não explicou como identificaria	Negativa	E3A, E7A, E14A, E18B, E27B e E29B
Embalagem	Cor do recipiente	E10A
	Formato do recipiente	E23B
Mudança de estado físico	Ebulição	E11A
	Condensação	E11A
Propriedades químicas	Alteração de cor de um tecido preto	E16B

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.

Quadro 3: Categorias identificadas para o problema apresentado

Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa, organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. Quimicamente, como podemos organizá-los?		
Categorias	Subcategorias	Grupos*
Organizam conforme a Tabela periódica	Organização em metais e não metais.	G1A
Não organizam quimicamente, apenas repetem o que está escrito no enunciado	Alimentos, limpeza e medicamento	G2A, G3B
Organizam pelas propriedades físicas	Densidade, pontos de fusão e ebulição	G3A, G1B e G2B
Organizam pela toxicidade	Substâncias tóxicas com substâncias tóxicas	G1B
Organizam em misturas homogênea e heterogênea	Homogênea e heterogênea	G1B

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

aquele momento, esses conceitos não haviam sido discutidos.

Um grupo propôs uma solução para o problema por meio da classificação em metais e não metais, conforme indicado a seguir: “*Podem ser agrupados pelas propriedades da tabela periódica não-metais → (sic) alimentícios, pois contém; S, Na, cosméticos pois contém Se; os materiais de limpeza que contém Cl, os medicamentos podem entrar nesse grupo também*” (G1A). Percebe-se que os estudantes tiveram dificuldades para explicar a escolha e cometeram alguns equívocos, como, por exemplo: classificar o sódio (Na) e o selênio (Se) como não metais e considerarem os materiais como sendo formados por um único elemento. Conforme discutido anteriormente, os estudantes apresentam dificuldades no entendimento dos conceitos de elemento, substância e mistura. Essas dificuldades podem explicar o fato de que dois grupos não propuseram uma forma de organizar os materiais, apenas repetiram o que estava escrito na questão.

Alguns grupos afirmaram que a organização deveria ser feita pelas propriedades físicas: “*Podemos organizá-los de acordo com o ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade*” (G2B). Um desses grupos ainda enfatiza que essa organização pode ser feita pela toxicidade e pelo tipo de mistura, conforme descrito a seguir: “[...] *substâncias tóxicas com tóxicas, misturas homogênea com heterogênea*” (G1B). Percebe-se, mais uma vez, a dificuldade em diferenciar mistura de substância, pois, aparentemente, os estudantes não consideraram todos os materiais utilizados como misturas.

Após os estudantes discutirem, em grupos, uma proposta para a organização dos materiais, foi solicitado a eles que propusessem um experimento para diferenciar quimicamente alguns materiais conhecidos. Isso foi solicitado para que os estudantes deixassem de ser apenas observadores das aulas, mas passassem a atuar nesse processo, uma característica do ENCI defendida por Carvalho (2013). No entanto, as propostas de experimentos basearam-se apenas na classificação dos materiais, e não na descrição de procedimentos e materiais a serem utilizados para um experimento. Suart

e Marcondes (2009), aplicando atividades experimentais investigativas para uma turma de primeira série do Ensino Médio, perceberam que os estudantes possuem dificuldades para descrever os procedimentos. De acordo com as autoras, isso é compreensível, pois os estudantes não estão acostumados com esse tipo de atividade. Dessa forma, elas sugerem

[...] a importância em proporcionar atividades que permitam aos alunos desenvolverem habilidades de escrita e leitura, as quais poderão desenvolver outras habilidades essenciais para o desenvolvimento do raciocínio lógico e cognitivo (Suart & Marcondes, 2009, p. 51).

Ao perceber a dificuldade dos estudantes durante a proposta de um experimento, um breve texto sobre os indicadores ácido e base foi apresentado. Esse texto foi lido juntamente com toda a turma e, em seguida, foi solicitado aos grupos que analisassem o que eles propuseram anteriormente (apenas classificações e não um experimento de fato). Esse momento pode fornecer condições para os estudantes analisarem o que escreveram e pensarem a respeito. É importante deixar o estudante errar, pois isso leva à reflexão e à busca do acerto, outra característica do ENCI defendida por Carvalho (2013). Ainda de acordo com a mesma autora, “o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio” (p. 3). Dessa forma, solicitou-se que os estudantes escrevessem se manteriam ou modificariam o que eles haviam escrito anteriormente. Em todos os grupos de ambas as turmas, todos sugeriram alguma modificação do que eles haviam escrito anteriormente.

Após discussão das propostas de experimentos apresentadas pelos grupos, aquela que contemplou todos os materiais disponíveis para o experimento foi selecionada. Os procedimentos foram estabelecidos a partir do consenso

de todos os grupos, conforme indicado pela transcrição a seguir: “*Materiais: *Soluções indicadoras: · Extrato de repolho roxo · Fenolftaleína *Substâncias: · Suco de limão · Coca-Cola® · Leite Magnésio (sic) · Água Sanitária · Veja Multi-uso (sic). Vinagre *Utensílios: 2 seringas 12 copos transparentes *Procedimentos *1º Colocar as substâncias nos copos identificados. 2º Testar com o indicador natural (Extrato de repolho roxo). 3º Testar com o indicador fenolftaleína. 4º Observação (cores). 5º escrever a conclusão” (G1B). Como os procedimentos escritos pelos grupos foram semelhantes, optou-se por transcrever o texto de apenas um grupo. Embora se perceba uma evolução da descrição do experimento pelos estudantes, eles ainda consideraram os materiais, como, por exemplo, suco de limão e Coca-Cola®, como substâncias. Nesse momento, aproveitou-se para discutir os conceitos de elemento, substância e mistura, pois essas dificuldades foram verificadas desde a primeira aula.

Em ambas as turmas, os próprios estudantes realizaram o experimento. Após o término do experimento, os estudantes deveriam responder a uma questão relacionada às cores dos sistemas estudados. A partir da análise das respostas foi possível categorizá-las como indicado no Quadro 4.

Apenas dois grupos de ambas as turmas citaram as diferenças e as semelhanças existentes entre os materiais de acordo com os indicadores utilizados. Por fim, classificaram esses materiais como pertencentes a um mesmo grupo por possuírem colorações semelhantes, como, por exemplo: “Em relação ao indicador repolho roxo, deduzimos que coca-cola® e vinagre são semelhantes, pois possuem cores iguais (vermelho). Por outro lado, vimos que o Leite de Magnésio (sic), Água Sanitária, veja multiuso são componentes de um mesmo grupo, pois se assemelham a uma mesma cor (verde). Com o indicador fenolftaleína (sic) reparamos que o leite de Magnésio (sic), Água Sanitária e Veja Multioso (sic) adquiriram a mesma cor (rosa). E a coca-cola® e o vinagre adquiriram cores semelhantes também (marrom claro)” (G1B). Mesmo os estudantes tendo esquecido de mencionar o suco de limão, eles agruparam corretamente os materiais de acordo com as cores observadas, após a adição dos indicadores utilizados. A coloração da Coca-Cola® e do vinagre se mantém, pois a fenolftaleína, em meio ácido, é incolor, não alterando a cor do sistema.

A mudança de cor do indicador ao ser adicionado na Coca-Cola® é mais difícil de ser percebida, devido à própria coloração desse refrigerante. Por isso, os grupos consideraram que não houve alteração de cor para a Coca-Cola®, afirmando que ela é neutra, conforme transcrito a seguir: “[...] a coca cola (sic) permaneceu neutra” (G1A). O uso da palavra “neutra” não indica a característica do meio, visto que não houve discussão sobre o meio neutro. O uso dessa palavra pelos estudantes se refere ao fato de não terem percebido a alteração de cor do indicador quando adicionado na Coca Cola®.

Os outros grupos interpretaram a questão comparando as cores iniciais dos materiais com as cores finais, após a adição dos indicadores, e não as semelhanças ou diferenças de cores entre os materiais. Dessa forma, eles não perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base. Essa afirmação está baseada nas respostas fornecidas por esses grupos, conforme ilustrado a seguir: “Diferenças p (sic) todas as substâncias ficaram de cor diferente menos a coca-cola (sic). Semelhaças (sic) p (sic) A (sic) coca não mudaram (sic) de cor” (G3A).

De modo geral, os estudantes afirmaram que a alteração de cor está relacionada com os materiais utilizados, e não com o indicador. Nesse momento, a explicação para alteração de cor não havia sido discutida com os estudantes, mas foi mencionado que a adição do indicador era essencial para que isso ocorresse. Portanto, a alteração de cor está relacionada com o indicador, e não com o ácido ou a base que está no meio. O ácido ou a base no meio influenciará a predominância de uma das formas do indicador, implicando na variação de cor.

Na quarta aula, solicitou-se a leitura e discussão de um texto sobre a teoria dos indicadores para sistematização dos conceitos estudados. Após a leitura e discussão do texto, enfatizou-se que a mudança de cor se dá em função de características do indicador e a sua ação em meio básico ou ácido, e não, simplesmente, ao ácido ou a base que há no meio utilizado nos experimentos. Nesse momento, introduziu-se e discutiu-se a definição de ácido e base de Brønsted-Lowry, no que se refere à transferência do H⁺ (nomeado como próton, pois o hidrogênio se liga à base sem os elétrons que ele compartilhava com o ácido, formando a ligação com os pares

Quadro 4: Categorias identificadas para o experimento realizado

Baseado nas cores dos sistemas finais, há semelhanças entre quais materiais? E as diferenças?		
Categorias	Subcategorias	Grupos*
Perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base	Veja®, leite de magnésio e água sanitária	G1A e G1B
	Vinagre, suco de limão e Coca Cola®	
Consideraram a Coca Cola® neutra	Não ocorreu mudança de cor	G1A, G2A, G3A
Não perceberam a diferença de cores entre os materiais que contêm ácido ou base	Colocaram materiais contendo ácidos ou bases no mesmo grupo	G2A, G3A, G2B e G3B
	Todos alteraram as cores	

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

de elétrons da base). Não se discutiu a definição de Brønsted-Lowry em termos de mecanismo. Analisou-se, apenas, a equação que representa a reação ácido-base, isto é, a espécie que continha o próton inicialmente (ácido) e a espécie para a qual o próton foi transferido (base), formando uma espécie carregada positivamente (ácido conjugado) e uma carregada negativamente (base conjugada). Assim, discutiu-se sobre a forma ionizada e não ionizada, explicando a diferença de cores dos indicadores nos meios ácido ou básico. Em seguida, pediu-se que os estudantes explicassem a mudança de cor dos sistemas, baseando-se na definição discutida. De acordo com as respostas dos estudantes foi possível estabelecer as categorias descritas no Quadro 5.

Percebeu-se uma evolução dos grupos de estudantes em relação ao entendimento sobre os indicadores. Eles reconheceram que a mudança de cor do sistema ocorre devido ao indicador, e não, simplesmente, pelo ácido ou a base que estão sendo investigados. Essa afirmação pode ser ilustrada pela transcrição a seguir: *“Pois os indicadores ácido-base são ácidos e bases muito fracas. O que realmente muda de cor é o indicador”* (G1A). É importante ressaltar que não se enfatizou a força de ácidos e bases, apenas discutiu-se que há diferenças entre os ácidos sobre a extensão com que o próton é transferido para uma base (se a transferência ocorre completamente, dizemos que é um ácido forte, caso contrário, será um ácido fraco).

Os grupos de estudantes em ambas as turmas reconheceram a natureza dos indicadores ácido e base, visto que explicaram as diferenças entre as cores pela predominância de uma cor na forma ionizada, que é diferente da cor na forma não ionizada, conforme ilustrado pela seguinte transcrição: *“Os indicadores são ácidos e bases fracas cuja cor da forma não-ionizada difere da forma ionizada”* (G3A).

Muitos estudantes explicaram a variação de cor do indicador baseando-se na transferência de H^+ , conforme indicado a seguir: *“Porque ele entra (sic) na fase protonada transformando-se em H^+ ”* (G1B). Embora exista certa confusão nessa resposta, os estudantes explicaram a diferença das cores baseando-se na forma protonada ou desprotonada do indicador. Isso porque a mudança de cor ocorre devido à protonação de uma espécie.

Percebe-se que os estudantes utilizaram a definição de ácido e base para explicar as diferenças de cores dos indicadores em diferentes meios. Isso pode nos indicar a

importância de se considerar o contexto em que o conceito foi desenvolvido e utilizá-lo de acordo com a necessidade daquela situação. Essa forma de abordagem para o conceito de ácido e base tem sido indicada em diversos estudos, dentre os quais cita-se Vos e Pilot (2001) e Paik (2015). O ensino das definições de ácido e base pautado na simples transmissão de informações de forma linear – Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis –, sem uma atenção para o contexto que essas definições surgiram, faz com que os estudantes memorizem essas definições. Essa abordagem não favorece o entendimento sobre a aplicação dessas definições nos contextos que lhes cabem. Não se discutiu a definição de Arrhenius com os estudantes, pois, para o contexto de aulas propostas, a definição de Brønsted-Lowry era a mais adequada. A definição de Arrhenius pode ser discutida mais tarde com os estudantes, quando, por exemplo, se for abordar o estudo das pilhas, no que se refere às soluções eletrolíticas. Nesse momento, o professor pode trabalhar as ideias de Arrhenius enquanto definição de ácido e base, e comparar com a definição de Brønsted-Lowry. Dessa forma, os estudantes conheceriam as diferentes definições de ácido e base, selecionando a mais adequada para cada situação específica (Vos e Pilot 2001).

Em ambas as turmas recolheram-se as respostas dos grupos e uma discussão geral foi feita. Reforçou-se que as outras definições de ácido e base não foram discutidas, pois o objetivo era explicar quimicamente a ação dos indicadores, o que foi feito pela definição ácido e base de Brønsted-Lowry. Esse foi o momento de sistematização coletiva do conhecimento, no qual os estudantes escutaram as opiniões dos colegas de diferentes grupos, lembrando todas as etapas e (re)construindo o conhecimento, característica do ENCI apontada por Carvalho (2013).

Compreendendo a Produção Textual dos Estudantes

Na quinta aula, solicitou-se aos estudantes que produzissem, individualmente e sem consulta ao caderno, livros e outras anotações, um texto sobre a questão problema apresentada na segunda aula. De acordo com Carvalho (2013), esse momento de sistematização individual dos conceitos é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem, pois permite que os estudantes escrevam sobre o que eles entenderam. Por meio da análise das produções textuais dos estudantes de ambas as turmas foi possível estabelecer as categorias listadas no Quadro 6.

Quadro 5: Categoria identificada na questão proposta na quarta aula

Baseado na teoria discutida com a sua professora, por que há variação de cor de um indicador quando o meio é ácido ou básico?		
Categorias	Subcategorias	Grupos*
Os indicadores são os responsáveis pela mudança de cor	O indicador muda de cor	G1A, G2A, G3A, G1B, G2B e G3B
	A cor da forma ionizada é diferente da forma não ionizada	
	Protonação de uma das formas	

* As letras G, A e B indicam, respectivamente, grupo de estudantes, turma A e turma B.

Quadro 6: Categorias identificadas para a produção textual dos estudantes

Escreva um texto, mínimo de 20 linhas, respondendo à questão inicial: “Rotineiramente, utilizamos em nossos lares materiais de limpeza, alimentícios, cosméticos, medicamentos etc. Em nossa casa organizamos esses materiais em locais apropriados, por exemplo: medicamentos com medicamentos, materiais de limpeza com materiais de limpeza, ambos longe do alcance de crianças e animais domésticos. E quimicamente, como podemos organizá-los?” Além disso, neste texto, você deve abordar os aspectos ambientais relacionados ao uso inadequado desses materiais, e explicar o impacto causado por alguns deles no ambiente.		
Categorias	Subcategorias	Estudantes*
Em alguns momentos mencionaram os conceitos discutidos ao longo da sequência didática	Ácidos e bases possuem propriedades diferentes	E2A, E4A, E5A, E7A, E8A, E16B, E18B, E22B, E23B, E24B, E25B, E28B, E29B, E30B, E32B e E33B
	As propriedades organolépticas não podem ser utilizadas para identificar a maioria dos materiais com os quais temos contato	
	A mudança de cor do meio ocorre em função da ionização do indicador, pois o mesmo pode ser um ácido ou uma base fraca	
	De acordo com Brønsted-Lowry, a definição de ácido e base está relacionada com a transferência do próton, portanto, só há um ácido se houver uma base	
Em alguns momentos mencionaram os conceitos discutidos ao longo da sequência didática, mas de forma inadequada	Os ácidos e bases são elementos	E5A, E10A, E11A, E13A, E15A, E16B, E23B, E26B, E27B, E28B e E30B
	O indicador se transforma em H ⁺	
	O indicador pode alterar a cor dos elementos	
	Escreveram frases que não conseguimos entender	
Em alguns momentos descreveram as aulas da sequência didática	Não houve uma abordagem dos conceitos discutidos, apenas a descrição dos procedimentos realizados em cada aula	E3A, E4A, E6A, E8A, E11A, E12A, E20B, E21B e E22B
Mencionaram as consequências causadas pelas substâncias ácidas e básicas no ambiente	Destruição de monumentos e contaminação de ambientes pela chuva ácida	E4A, E5A, E6A, E8A, E12A, E14A, E15A, E17B, E19B, E22B, E23B, E25B, E30B, E32B e E33B
	Descarte inadequado de ácidos e bases, contaminando os rios e o solo	

*A resposta de alguns estudantes se enquadra em diferentes categorias. A codificação dos estudantes para as discussões da produção textual e da atividade questionário inicial é a mesma. Isso explica o fato de alguns códigos não manterem a sequência, pois há estudantes que faltaram na aula que foi aplicado o questionário inicial, mas vieram na aula que foi aplicada a produção textual e vice-versa. As letras E, A e B indicam, respectivamente, estudante, turma A e turma B.

Muitos estudantes mencionaram, adequadamente, os conceitos discutidos durante as aulas como forma de resolver a questão proposta. Assim, consideramos que novas ideias foram elaboradas, tendo em vista as transcrições que apresentaremos a seguir. Os estudantes ressaltaram as diferenças entre ácidos e bases, no que se refere ao sabor, “*Por exemplo se considerarmos alimentos presentes em nosso dia-a-dia que são ácidos veremos que o gosto deles no geral é azedo, como ocorre no limão. Porém alimentos que são básicos possuem um gosto que “amarra” a boca como uma banana verde*” (E2A). Apesar desta diferenciação, os estudantes reconheceram que as propriedades organolépticas não são o método mais adequado para identificar os materiais que são usados no dia a dia: “*Identificar uma substância ... apenas pelo gosto, além de ser um método que pode falhar, é também muito perigoso (sic) pois existem muitos ácidos e bases que são fortes, tóxicos e podem até matar, como o ácido sulfúrico usado nas baterias dos automóveis e o hidróxido de sódio comercialmente usado como soda*” (E2A). Vale ressaltar, ainda, que o estudante associa a força do ácido com a sua

toxicidade, embora este aspecto não tenha sido discutido na sequência didática. É importante esclarecer que essa relação não é adequada, pois ácidos fracos também podem ser extremamente tóxicos, como por exemplo, o ácido cianídrico. Reconhecendo que as propriedades organolépticas não são o método mais adequado para essa identificação, os estudantes ainda apontaram uma proposta: “*Descobrimos que a maneira mais adequada é indicar a substância por ácido-base (sic), utilizando indicadores*”. Cabe ressaltar que os estudantes não mencionaram que os materiais que eles utilizaram eram misturas, constituídas por ácidos ou bases. Alguns estudantes ainda consideraram os ácidos e bases como elementos: “*Alguns elementos como o H₂SO₄, H₂CO₃ e HNO₃...*” (E30B). Mesmo com as discussões sobre elemento, substância e mistura, alguns estudantes ainda continuaram com dificuldades para diferenciar esses conceitos. Estudos já descritos na literatura, como, por exemplo, o de Schnetzler (2002), indicaram que concepções “inadequadas” de estudantes sobre conceitos científicos importantes foram detectadas mesmo após a aprovação em cursos de

Ciências. Esses estudos associaram a persistência de ideias prévias dos estudantes ao fato dos professores de Ciências não as considerarem para discutir os conceitos científicos e valorizarem apenas as avaliações que solicitam a resposta correta, impedindo que os estudantes se manifestem sobre como realmente entendem os conceitos (Schnetzler, 2002).

No que se refere aos indicadores utilizados, os estudantes reconheceram a natureza e a função dos mesmos na sequência didática: “Indicadores são ácidos ou bases fracas utilizadas para identificar outras bases e ácidos” (E14A) e “... quem sofre (sic) com a transformação de cor é o indicador ao entrar em contato com tais substâncias [ácidos e bases]. Se um ácido provocar a alteração de cor do indicador, a base fara (sic) o indicador voltar à cor original e assim por diante” (E22B). Essa transcrição configura mais uma evolução das ideias dos estudantes, que acreditavam que a mudança de cor estava relacionada, simplesmente, ao meio, e não ao indicador. Ainda no que se refere aos indicadores, muitos estudantes generalizaram que, em meio básico, a cor predominante sempre será a cor azul ou verde e, que em meio ácido, a cor será vermelha ou rosa. Essa generalização não está correta, pois não existem relações entre as cores verde e azul para bases, e vermelha ou rosa para ácidos. Percebeu-se, ainda, que os estudantes utilizaram a definição de Brønsted-Lowry para explicar a diferença de cor dos indicadores nos meios ácido e básico. Uma observação marcante, a partir da análise da produção textual dos estudantes, foi a de que eles reconheceram que a definição de Brønsted-Lowry envolve a transferência do próton e só há um ácido se houver uma base e vice-versa. Isso pode ser exemplificado pela transcrição a seguir: “De acordo com a teoria Bronsted-Lowry, o ácido doa H^+ e a base recebe H^+ , um ácido só é ácido se existir uma base e vice-versa” (E4A). Uma estudante reforça a natureza conceitual da definição de Brønsted-Lowry, mencionando o termo reação: “[...] ácidos são substâncias capazes de doar um próton em uma reação química, bases (sic) composto capazes de aceitar um próton numa reação” (E7A). Embora a maioria dos estudantes tenha mencionado corretamente os conceitos discutidos, alguns ainda apresentaram dificuldades de entendimento dos conceitos e de escrever sobre esses conceitos: “Nessa mudança de cor ocasiona porque ocorre a protonização (sic) do indicador transformando-se em H^+ ” (E23B).

A maioria dos estudantes mencionou o impacto provocado no ambiente por ácidos e bases, mesmo apresentando alguns equívocos, conforme transcrito a seguir: “O ácido sulfúrico, presente em baterias de carro, também presente em chuva ácida causam desnaturação (sic) das plantas e aumenta a acidez da água dos rios, fazendo (sic) inviável a sobrevivência de seres nesse meio” (E4A). Embora os estudantes tenham considerado a desnaturação das plantas e não das proteínas, o que acarreta prejuízos para a plantas, eles citaram exemplos e explicaram que a presença do ácido aumenta a acidez da água. Os estudantes mencionaram, também, a destruição de monumentos pela chuva ácida: “A chuva assida (sic) causa desidratação das plantas, aumenta

(sic) a acidez da água dos rios e provoca deterioração de monumentos históricos” (E8A). É importante ressaltar que o conceito de pH não foi discutido na sequência didática. Apesar disso, de modo geral, os estudantes perceberam que a presença de ácidos e bases, resultante de atividades humanas, pode alterar e desequilibrar o ar, o solo e a água.

“Primeiro tinha uma visão totalmente errado (sic) sobre o que era realmente ácidos e bases, mais (sic) depois dessa temporada de estudos que mim (sic) ajudaram muito além de saber ácidos e bases compreendi o que era realmente química, eu gostei muito disso” (E11A). Os estudantes reconheceram que suas ideias precisavam ser (re)construídas e que a sequência didática foi relevante para essa (re)construção, permitindo um momento para reflexão, discussão e elaboração de novas ideias.

Muitas propostas de abordagem sobre ácidos e bases, principalmente em periódicos brasileiros, não delimitam os conceitos trabalhados em cada proposta, apresentando, basicamente, atividades experimentais. Além disso, são pouquíssimas as propostas que discutem os aspectos sociais, econômicos e tecnológicos envolvendo a influência que os ácidos e as bases exercem sobre esses aspectos (Nunes *et al.*, 2016). De modo geral, tentamos discutir uma definição ácido-base a partir de uma atividade experimental investigativa, valorizando a discussão não só do conceito em si, mas os aspectos sociais e ambientais envolvidos. Ao compararmos as análises realizadas, ao longo da sequência didática, percebemos uma evolução das respostas, muitas vezes fundamentadas nos conhecimentos científicos discutidos no contexto das atividades em grupos e individuais.

Considerações Finais

Como o ENCI se caracteriza por uma postura mais ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, fundamentamos nosso trabalho em ações voltadas para essa maior participação. Em algumas atividades, como a proposta de soluções para um problema e, principalmente, sugestão de experimentos, percebemos muitas dificuldades por parte dos estudantes. Isso pode indicar a ausência de propostas de atividades desse tipo para esses estudantes.

No que se refere à comparação entre as duas turmas de 2º ano, não percebemos diferenças significativas que mereceriam ser discutidas ao longo do trabalho. Reconhecemos as especificidades de cada turma, mas, durante a análise dos registros escritos, observamos que as ideias dos estudantes de ambas as turmas eram semelhantes, o que nos permitiu realizar uma análise e discussão conjuntas.

Ao compararmos as respostas, no percurso da sequência didática, observamos uma evolução e uma riqueza de detalhes que antes não era notada. Dessa forma, acreditamos que a sequência didática pode ter sido importante para isso. Não afirmamos que as aulas foram interessantes para todos os estudantes e que elas os induziram a se posicionarem corretamente sobre o tema abordado, mas podemos afirmar que as aulas ocorreram com mais debates, diálogos, reflexões

e participações dos estudantes do que as demais aulas a que eles estavam acostumados.

Em relação aos conceitos químicos abordados, nossas expectativas foram superadas, visto que os estudantes reconheceram os aspectos fundamentais do que pretendíamos discutir, tais como: há maneiras mais eficazes e seguras do que as propriedades organolépticas para a identificação dos materiais, no caso a caracterização química; a mudança de cor de um indicador está relacionada à sua forma no meio em questão; um ácido de Brønsted-Lowry doa o próton (H^+) apenas se houver uma base para aceitá-lo e vice versa; e há impacto gerado pela presença de ácidos e bases no solo, água e ar. Foi possível perceber que os estudantes compreenderam os principais aspectos abordados a respeito do conceito de ácido e base discutido, visto que o ensino desse conceito não foi apresentado em uma sequência linear das definições de ácido e base. Ou seja, não apresentamos as definições na ordem como elas são comumente discutidas – Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis. A definição discutida foi selecionada mediante sua adequação para auxiliar a resolução do

problema proposto. Dessa forma, os estudantes fizeram mais do que memorizar uma ou outra definição sem relacioná-la ao seu contexto de aplicação.

Se os resultados obtidos nessas turmas investigadas puderem ser generalizados, então o ENCI contribuiu de forma satisfatória para a discussão de conceitos científicos, que são comumente apresentados por meio de um ensino transmissivo e sem significado para os estudantes. Por meio da análise dos dados obtidos neste trabalho, podemos argumentar que a construção de conceitos científicos se dá de forma mais eficiente quando é feita por meio de um processo investigativo.

Cleuzane Ramalho de Souza (cleuzaners24@gmail.com), graduada em Química – Licenciatura pela Faculdade Cidade de João Pinheiro e especialista em Ensino de Ciências por Investigação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), leciona na Escola Estadual Antônio Soares da Cruz, Guaraciama, MG – BR. **Fernando César Silva** (fcsquimico@yahoo.com.br), graduado em Química – Licenciatura pela Universidade de Itaúna, doutor em Química pela UFMG, é professor adjunto da Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, MG – BR.

Referências

BELL, B.; BRADLEY, J. D. e STEENBERG, E. Chemistry education through microscale experiments. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J. e SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.). *Chemistry education: best practices, opportunities and trends*. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

CAPECCHI, M. C. V. M. O ensino de ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

_____. O ensino de ciências e a proposição de seqüências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

HOFSTEIN, A. Laboratory work, forms of. In: GUNSTONE, R. (Ed.). *Encyclopedia of science education*. Dordrecht: Springer, 2015.

_____.; KIPNIS, M. e ABRAHAMS, I. How to learn in and from science laboratories. In: EILKS, I. e HOFSTEIN, A. (Eds.). *Teaching chemistry: a study book*. Rotterdam: Sense, 2013.

LAMBA, R. S. Inquiry-based student-centered instruction. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J. e SERRANO-TORREGROSA,

E. (Eds.). *Chemistry education: best practices, opportunities and trends*. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Unijuí, 2016.

NUNES, A. O.; DANTAS, J. M.; OLIVEIRA, O. A. e HUSSEIN, F. R. G. S. Revisão no campo: o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos ácido e base entre 1980 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 185-196, 2016.

PAIK, S.-H. Understanding the relationship among Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis theories. *Journal of Chemical Education*, v. 92, n. 9, p. 1484-1489, 2015.

SCHNETZLER, R. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectiva. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 14-24, 2002.

SILVA, J. R. R. T. e AMARAL, E. M. R. Concepções sobre substância: relações entre contextos de origem e possíveis atribuições de sentidos. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 70-78, 2016.

SUART, R. C. e MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências e Cognição*, v. 14, p. 50-74, 2009.

VOS, W. e PILOT, A. Acids and bases in layers: the stratal structure of an ancient topic. *Journal of Chemical Education*, v. 78, n. 4, p. 494-499, 2001.

Abstract: *An inquiry-based sequence related to the discussion of acid and base concepts.* Teaching based on the simple transmission of information, without an attention to how this information will be signified by the students, can explain the difficulty in learning the concepts of acid and base. Many critics have been made to this approach for acid and base definitions in textbooks. The aim of this paper is to investigate the concepts of acid and base held by students of two High School classes of a public school, after a didactic sequence with an investigative approach. Data collection instruments were based on students' records, and Discursive Textual Analysis was used to analyze these records. Although students presented many difficulties in putting forward their ideas, they were successful in providing solutions to the problem raised and in proposing experiments; an evolution was noticed along the didactic sequence. Regarding the concepts discussed, students recognized that the color change of an indicator is related to its shape in the medium in question and that a Brønsted-Lowry acid donates the proton (H^+) only if there is a base for accepting it. The investigative approach allowed students to apply the concepts of acid and base in the context of the organization of materials, but also in the serious environmental problems caused by the inappropriate disposal of these materials.

Keywords: chemistry education, inquiry-based science education, laboratory work in high school