

ANÁLISE DAS IDEIAS DOS ALUNOS SOBRE CONDUTIBILIDADE ELÉTRICA

Ana Paula Sebastiany¹, Ivan Francisco Diehl², Michelle Camara Pizzato³

Resumo: Neste trabalho apresentamos uma análise das ideias de estudantes de Ensino Médio sobre condutibilidade elétrica, separadas por Âmbitos de Complexidade das Concepções – ACC. Os ACC encontrados emergiram da análise do conteúdo das respostas elaboradas pelos alunos durante as aulas ministradas, o que possibilitou a avaliação de como a sequência didática realizada contribuiu para a evolução das concepções dos alunos. Considerando a análise realizada, é possível perceber uma evolução significativa das concepções dos estudantes se entendermos que, após a etapa interventiva, houve predominância das explicações em campo microscópico, além de perceber que os materiais possuem funções e utilidades diferentes. Os resultados encontrados apontam a existência de concepções distintas, em termos de sua complexidade, e os obstáculos associados a essas concepções em relação à compreensão do ponto de vista científico dos fenômenos estudados.

Palavras-chave: Ideias dos alunos. Ensino de Química. Eletroquímica.

1 INTRODUÇÃO

Na busca de melhores resultados na aprendizagem de Química, várias propostas têm sido consideradas. Entre elas, se destaca o uso da experimentação como estratégia central. Esse tipo de atividade permite maior participação do aluno em todo o processo de ensino e aprendizagem (LIMA; MARCONDES, 2005; HOERNIG; PEREIRA, 2004; ROSITO, 2003; SILVA; ZANON, 2000; BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999). Nessa abordagem, os alunos têm a oportunidade de participar desde a interpretação do problema até chegar a uma possível solução. Assim, eles podem discutir, questionar e testar suas hipóteses e ideias, confirmando-as ou reelaborando-as, além de coletar e analisar dados para encontrar possíveis soluções para o problema.

Por outro lado, também tem sido apontada a necessidade de os professores considerarem as ideias dos alunos. De fato, resultados de numerosas investigações realizadas nas últimas décadas sobre como os alunos constroem seus conhecimentos apontam que, antes de iniciar qualquer aprendizagem formal em ciências, eles já possuem ideias sobre os fenômenos que os rodeiam (TREAGUST; DUIT, 2008). No caso específico da condutibilidade elétrica, são poucos os estudos na literatura que se referem às concepções dos alunos do Ensino Médio sobre esse conceito e as apresentam.

Nesse sentido, propomos com este trabalho avaliar se a sequência didática – partindo das ideias dos alunos, estruturada por meio de intervenções práticas e teóricas e seguindo de reflexões sobre tais intervenções – contribui para a evolução das ideias dos alunos sobre condutibilidade elétrica ao longo da aplicação de uma sequência didática de caráter investigativo. Ao mesmo tempo,

1 Licenciada em Ciências Exatas. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – UFRGS.

2 Licenciando em Ciências da Natureza, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.

3 Licenciada em Química. Doutora em Ensino de Ciências.

analisamos essa experiência quanto à implementação de ideias, procedimentos e atitudes, baseados em um modelo didático investigativo (PORLÁN, 1993).

2 MARCO TEÓRICO

É consenso entre pesquisadores da área que a prática pedagógica dominante em nossas escolas está baseada no modelo da racionalidade técnica (SCHÖN, 1992), no qual se privilegia a memorização de conteúdos, de fórmulas e de técnicas de resolução de problemas, em detrimento, por exemplo, do entendimento dos conceitos envolvidos nos conteúdos estudados (PORLÁN; RIVERO, 1998; HARRES et al., 2005). Os temas são tratados em aulas dissertativas e/ou narrativas, que não despertam a curiosidade científica e, muito menos, a criatividade dos alunos. Podemos citar três atividades que preponderam entre aquelas mais praticadas sob essa perspectiva: aulas expositivas ministradas pelo professor para apresentar aspectos da teoria relativa ao assunto tratado, sessões exaustivas de resolução de problemas-padrão e de exercícios numéricos e, em quantidade extremamente menor, práticas experimentais rigidamente orientadas e de cunho verificacionista das leis/princípios/modelos apresentados.

Esse modelo vem sendo fortemente questionado, entre outros motivos, por não relacionar os conteúdos fragmentados “aprendidos” na escola com as exigências requeridas nas diversas situações ocorridas no cotidiano. Conforme Camargo e Nardi (2004), essa fragmentação caracteriza certa cultura do conhecimento que vai produzir, depois de permear todo o ensino escolar, uma série de consequências, entre as quais possivelmente estão o desenvolvimento de certas habilidades em detrimento de outras, o que, conseqüentemente acaba interferindo na formação do indivíduo, pois não fornece a habilitação necessária para desenvolver uma visão de mundo polissêmica. Dessa forma, os alunos passam a considerar os conteúdos estéreis, as disciplinas de ciências difíceis, reforçando ideias do senso comum que delegam a cientistas iluminados, seres extremamente diferenciados dos cidadãos comuns, a construção do conhecimento científico e as descobertas e invenções fantásticas.

Com essas preocupações, as atividades experimentais têm sido apontadas como um recurso útil para promover a aprendizagem em ciências, contribuindo significativamente para motivar os alunos, despertando interesse e curiosidade, e para desenvolver a criatividade e a imaginação, esta última quando da elaboração de hipóteses e de modelos explicativos. Além disso, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, deixando de lado a postura passiva do modelo tradicional de ensino (ZEMBAL-SAUŁ et al., 2002; SILVEIRA; OSTERMANN, 2002; LIMA, 2004).

Para que a introdução da experimentação no ensino das ciências seja uma alternativa que favoreça uma aprendizagem mais significativa é fundamental que as atividades experimentais sejam estruturadas por meio de um processo de investigação, permitindo, dessa forma, promover a formação e o desenvolvimento do pensamento crítico e autônomo e de atitudes e procedimentos frente à temática abordada (LIMA; MARCONDES, 2005; BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999).

Além disso, atividades experimentais assim estruturadas permitem a explicitação e a evolução daquelas que são imprescindíveis para o processo de ensino e aprendizagem, isto é, as ideias dos alunos. Para Cubero (1989, p. 12):

[...] os alunos adquirem ideias sobre como são os fatos e fenômenos sociais e naturais mediante suas experiências com tudo que os rodeia, o que escutam e discutem com outras pessoas, ou o que conhecem por outros meios de comunicação [...].

Segundo Treagust e Duit (2008), a pesquisa no ensino de ciências mostrou, nas últimas três décadas, que os estudantes já chegam às aulas de ciências com ideias sobre os fenômenos e

conceitos a serem aprendidos, as quais em geral não coincidem com as visões científicas. Em outras palavras, podemos considerar que já existe um consenso de que os estudantes não podem ser considerados uma *tabula rasa*. Conforme Von Glaserfeld (1993), o conhecimento é o resultado de uma ação construtiva e não pode simplesmente ser “transferido” a um receptor – cada aprendiz deve desenvolvê-lo. Assim, cada novo conhecimento ou procedimento envolve uma interação ativa entre as construções prévias do indivíduo e a nova informação que emerge das situações vividas. Para Cubero (1989), a aprendizagem significativa ocorre quando quem aprende constrói sobre sua experiência e seus conhecimentos anteriores um novo conjunto de ideias, isto é, quando o novo conhecimento interage com os esquemas existentes.

Além da interação entre as ideias dos alunos com a nova informação, também se faz necessário, no entanto, o intercâmbio de ideias entre os alunos e entre eles e o professor. Esses tipos de discussão sobre os temas abordados em aula, o diálogo e a confrontação de ideias, a atividade de autorreflexão necessária para defender o próprio ponto de vista e para responder as perguntas de seus companheiros são experiências valiosas para a construção de seus modelos explicativos.

Tomar a aprendizagem como um processo construtivo – ou seja, considerar o conhecimento como uma construção progressiva –, implica admitir que o trabalho que se realiza em aula pode resultar em modelos explicativos dos alunos que quase nunca coincidam com aqueles propostos pelo professor. Dessa forma, a avaliação da evolução das ideias dos alunos ocorre na comparação do que eles pensam após a intervenção didática com o que pensavam inicialmente, no sentido de perceber se houve alteração em termos de complexidade, ou seja, se os alunos construíram um modelo explicativo que satisfaz as suas “novas” (ou atuais) necessidades e se está mais próximo do modelo científico aceito atualmente.

Essa mudança no método de ensino implica também em uma mudança no papel do professor em sala de aula. O professor deve passar a atuar como problematizador, questionando/propondo/gerando problemas, a fim de que os alunos percebam o problema e procurem solucioná-lo. Assim sendo, o educador, no papel de mediador entre o educando e o conhecimento, deve ser um profissional formador, reflexivo, consciente da importância do seu papel, integrado no mundo de hoje e responsável pela formação do cidadão. Deve ser um eterno aprendiz que busca inovar e inovar-se, aprender a aprender, para ter o prazer de ensinar. Desse modo, buscando o rompimento da postura pedagógica caracterizada pela reprodução dos saberes e pela fragmentação do conhecimento, este trabalho apoia-se nas características do modelo didático investigativo proposto por Porlán (1993).

Nesse sentido, os aspectos fundamentais da sequência didática adotada foram as atividades experimentais, a consideração e a utilização das ideias dos alunos para o planejamento das aulas. Enfim, adotaram-se estas características uma vez que, dessa forma, seria possível favorecer uma aprendizagem mais significativa para os alunos.

3 CONTEXTO DA PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido na disciplina Prática de Ensino de Química II do curso de Licenciatura em Ciências Exatas (Física, Química e Matemática de forma integral) do Centro Universitário UNIVATES. Essa disciplina é caracterizada como estágio supervisionado, na qual os futuros professores elaboram uma sequência didática sobre um tópico de química do Ensino Médio e a aplicam em uma escola de sua escolha. O estágio foi desenvolvido em uma turma da 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada, composta por 16 alunos com idade média de 17 anos.

Para o planejamento da sequência didática optou-se pelo tema eletroquímica, já que apresenta uma grande variedade de situações presentes no dia a dia dos alunos e por se tratar de um tema pouco trabalhado em sala de aula ou que, quando é trabalhado, não há preocupação com

a sua abrangência e complexidade. Além disso, esse tema tem sido frequentemente apontado por professores e estudantes do Ensino Médio como um dos assuntos de maior dificuldade no processo de ensino-aprendizagem (NIAZ; CHACÓN, 2003, apud GARNETT; TREAGUST, 1992; NIAZ, 2002; SANGER; GREENBOWE, 1997; OGUDE; BRADLEY, 1996).

Outro ponto importante considerado antes do planejamento das atividades foi a intenção de despertar o interesse e o gosto dos alunos pela Química, disciplina que é muitas vezes tomada como difícil, inútil e desinteressante, conscientizando-os sobre a importância dessa ciência no mundo moderno.

Para isso, a metodologia utilizada pelo professor tem papel crucial, mas não único, pois não basta o professor estar comprometido com a aprendizagem dos seus alunos: eles também precisam desejar aprender. Nesse sentido, os aspectos fundamentais da nossa sequência didática foram as atividades experimentais e a consideração e utilização das ideias dos alunos para o planejamento das aulas, com atividades que visavam a explicitação, ao contraste e à reelaboração das ideias dos alunos a partir dos questionamentos e das atividades práticas realizadas. Adotamos essa abordagem, pois pensamos que, dessa forma, poderíamos favorecer uma aprendizagem mais significativa para os alunos.

O enfoque principal das atividades esteve no aluno, cabendo ao professor ser orientador na construção do conhecimento. Embora o conteúdo estivesse predeterminado, uma vez que o problema não partiu dos alunos, durante a aula foi propiciado um ambiente de investigação, de negociação e de discussão de ideias sobre a temática, de forma que a sequência didática utilizada foi elaborada de acordo com as dúvidas dos alunos que surgiam durante as aulas, na tentativa de esclarecer e solucionar o problema em questão e com o objetivo de que eles, ao final, construíssem o seu próprio modelo explicativo para as transformações que ocorrem dentro da pilha. A estratégia metodológica utilizada foi construída considerando as características do Modelo Didático Investigativo (PORLÁN, 1993).

Estruturamos a proposta em 12 atividades (incluindo uma atividade de autoavaliação e avaliação da disciplina), cujos roteiros de trabalho, apresentados no Anexo 3, foram aplicados em seis encontros de duas horas cada. As atividades realizadas foram divididas em três momentos, sendo cada momento estruturado em três etapas: Pré-Intervenção; Intervenção; e Pós-Intervenção. Para esta investigação, nos concentraremos apenas na análise do momento 2. O Quadro 1, a seguir, apresenta a sequência didática utilizada nesse momento.

Quadro 1 – Sequência didática implementada no momento 2

Momento	Etapa	Atividades
2	Pré-Intervenção	Levantamento de concepções dos alunos e formulação de hipóteses – ambas atividades sobre condutibilidade elétrica.
	Intervenção	Atividade prática sobre condutibilidade elétrica. Apontamentos sobre observações realizadas na experimentação. Atividade de reflexão contendo cinco perguntas sobre a experimentação realizada. Socialização oral em grande grupo sobre as considerações desenvolvidas com as atividades até então realizadas.
	Pós-Intervenção	Reformulação das respostas dadas pelos alunos à questão sobre condutibilidade, respondida na etapa pré-intervenção.

4 METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

Esta pesquisa se insere na perspectiva de investigação de caráter qualitativo, utilizando análise de conteúdo (MORAES, 1999) como estratégia de análise de dados e tomando como sujeitos de investigação alunos do 3^a ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular de ensino do município de Lajeado, Brasil. As atividades, realizadas de forma coletiva e individual, foram divididas em três momentos, sendo cada momento dividido em três etapas (apresentadas no Quadro 2 juntamente com os objetivos de cada uma), e foram criadas nessa sequência com o intuito de perceber se ocorreu evolução nas concepções dos estudantes participantes deste estudo.

Quadro 2 – Etapas de cada momento e respectivos objetivos

Fase	Objetivos
Pré-Intervenção	Levantamento de ideias: provocar reflexões sobre as ideias dos alunos; formular hipóteses.
Intervenção Prática	Atividade prática: testar ideias; refletir sobre a experimentação.
Intervenção Teórica	Socialização: discutir em pequeno e em grande grupo sobre observações e reflexões provocadas com a prática; discutir a teoria relacionada com a prática.
Pós-Intervenção	Reformular respostas pelos alunos.

5 MOMENTO 2

Nosso objetivo com as etapas no momento 2 era favorecer a discussão em torno da condutibilidade elétrica de alguns materiais que fazem parte do dia a dia dos alunos. Antes da realização da atividade prática, questionamos oralmente os alunos utilizando situações do cotidiano, sem dar respostas, para que eles refletissem sobre as propriedades dos materiais que conduzem corrente elétrica e por que isso acontece.

Para análise, consideramos como dados de antes da intervenção o levantamento de ideias dos alunos sobre condutibilidade dos metais e a formulação de hipóteses sobre a possibilidade de uma lâmpada acender ou não utilizando um teste de condutibilidade com certos materiais. Na etapa interventiva, os dados são provenientes das respostas dadas pelos alunos a um questionário orientador depois de realizada a prática. Para a etapa de pós-intervenção, consideramos as reformulações das ideias iniciais dos estudantes.

Pré-intervenção

Para o levantamento das ideias sobre condutibilidade de metais, primeiramente foi solicitado que os alunos respondessem individualmente a seguinte pergunta: “Você já deve ter ouvido falar ou visto que os fios da rede elétrica da nossa casa são de cobre (metal alaranjado). Poderíamos substituir esse metal por outro? Comente sua resposta”. Com essa pergunta, os alunos deveriam se posicionar sobre a possibilidade de substituir o metal cobre na fiação da rede elétrica por outro metal e explicar por que pensavam dessa forma.

Em um segundo momento, antes da etapa de intervenção, – em específico da realização da atividade prática –, os alunos deveriam prever o que iria acontecer durante a atividade. Essa formulação de hipóteses por parte dos alunos foi orientada pelo roteiro apresentado no Anexo 1.

Intervenção

Realizou-se uma atividade prática que consistia em observar quais materiais (citados no Anexo 1) conduzem corrente elétrica, ou seja, com quais materiais a lâmpada acenderia e como

seria o seu brilho (forte ou fraco). Como foi solicitado que os alunos previssem o que aconteceria com cada material, nesse momento eles testaram as suas ideias e discutiram em pequeno grupo, visando à elaboração de um modelo explicativo para o que observaram segundo a orientação de um questionário com cinco questões, apresentado no Anexo 2.

Na continuidade, foi realizada socialização das ideias que surgiram durante a atividade, em particular sobre as respostas e opiniões que os alunos explicitaram como forma de análise da prática. Essa socialização possibilitou identificar, – por meio da discussão e de intercâmbio de ideias entre os alunos e deles com o professor – quais foram os materiais que conduziram ou não corrente elétrica e perceber os materiais que são bons condutores, maus condutores e isolantes, buscando o desenvolvimento de alguns conceitos, como íon, elétron e corrente elétrica (carga em movimento).

Pós-Intervenção

Após a realização do experimento, das discussões em pequeno e em grande grupo, da socialização dos resultados e das explicações do professor, os alunos foram questionados sobre se modificariam algo em suas respostas formuladas na etapa pré-intervenção e como seriam as suas opiniões nesse momento. Foi solicitado aos alunos que não apagassem a sua ideia inicial.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise, separamos as ideias dos alunos por Âmbitos de Complexidade das Concepções – ACC. No primeiro dos âmbitos (ACC1) se enquadram as concepções que classificam os materiais como tendo propriedades iguais, ou seja, não existem distinções. O segundo (ACC2) foi dividido em outros dois âmbitos: ACC2a – no qual se enquadram concepções que definem os materiais como tendo propriedades macroscópicas diferentes e apresentam um único exemplo de propriedade; e ACC2b – no qual também é percebido distinção de propriedades macroscópicas nos materiais, mas é dado mais do que um exemplo. O ACC3 se distingue do anterior (ACC2) por apresentar uma concepção microscópica. As concepções cujo âmbito não foi possível identificar enquadrámos em “outras concepções”.

Na etapa de **pré-intervenção**, a análise das ideias explicitadas pelos alunos permitiu identificar duas concepções sobre as propriedades dos metais (ACC1 e ACC2). Na primeira delas, os alunos apresentam ideia de que os metais possuem as mesmas propriedades, ou seja, não existem distinções (ACC1): “[...] *outro metal qualquer que conduza bem a energia elétrica*”.

Na segunda concepção, os alunos consideram que os metais possuem propriedades diferentes (ACC2), aparecendo ideias relacionadas ao ACC2a e a ACC2b. Quanto ao ACC2a, é informado apenas um exemplo:

“[...] o cobre é o melhor condutor de energia”.

“[...] o melhor condutor é o cobre, mas também pode ser substituído pelo zinco”.

“[...] ele é revestido e poderia causar um circuito, pois os fios tem funções diferentes”.

Outros alunos, além de mencionar que os metais possuem propriedades diferentes, citam mais de um exemplo (ACC2b):

“[...] talvez não tivesse a mesma vantagem, avaliando os pontos de maleabilidade e de condução”.

“[...] o cobre é um metal mais barato e um ótimo condutor de energia elétrica”.

“[...] ele é um bom condutor de energia e não enferruja”.

Percebemos que algumas características do cobre – já que a pergunta que orienta essa etapa se refere a esse metal – foram citadas, como a maleabilidade, o baixo custo e o baixo poder de oxidação (ACC2). De forma geral, existe uma predominância de explicações macroscópicas, em que os alunos

tendem a explicar uma situação de acordo com o que eles veem. Nessa etapa, os alunos não tentam ou não conseguem imaginar o que ocorre no interior dos materiais e alguns não percebem diferença de propriedades entre materiais distintos (ACC1).

Na etapa de **intervenção**, as concepções dos alunos podem ser associadas a âmbitos de maior complexidade se comparadas com as da etapa anterior. Aparecem concepções menos elaboradas em que os estudantes descrevem que nem todos os metais são condutores de energia elétrica (ACC2a): “[...] *nem todos os materiais são condutores*”; relacionam o brilho da lâmpada com a capacidade de condução (ACC2b): “*O que acende forte é um bom condutor de energia e o fraco não tem tanta capacidade de conduzir energia*”; e citam características comuns entre condutores (c) e não condutores (nc) – sólidos e alguns líquidos (c), não metais (nc) – (ACC2b): “*Metais e alguns líquidos conduzem eletricidade. Não-metais não conduzem*”.

Outros alunos apresentaram concepções que envolvem um grau de complexidade maior (ACC3), como a relação da condução elétrica e do brilho da lâmpada com a propriedade do material possuir elétrons livres: “[...] *alguns condutores permitem que os elétrons se movimentem mais rápido, assim o brilho é maior*”; a relação da condução elétrica com a propriedade do material possuir elétrons livres: “*Os que conduzem energia elétrica têm maior quantidade de elétrons livres*”; a relação da condução com a propriedade do material possuir mais corrente elétrica e maior frequência: “*Os bons condutores têm mais corrente de energia, mais frequência [...]*”; a condução através da atração entre elétrons (fios) e prótons (material): “*Dentro do fio têm elétrons carregadas negativos, que se atraem com os prótons positivos dos materiais que utilizamos e acenderam*”; e a condução através do choque entre elétrons livres de um pólo a outro: “*Os elétrons livres saem de um pólo e vão se chocando até chegarem até outro pólo.*”, o que também já indica uma visão microscópica para o fenômeno.

É interessante ressaltar a concepção, expressada pelos alunos nessa etapa, de que a condutibilidade ocorre devido a choques entre elétrons durante a passagem desses de um polo a outro (ACC3). Essa concepção parece evidenciar uma não diferenciação dos alunos entre condutibilidade e resistividade, já que descrevem o movimento dos elétrons – de alguma forma ordenado por afirmarem que vai de um polo a outro, característica do conceito de condutibilidade – e o choque desses – característica da resistividade se considerarmos que esse choque causa uma resistência ao movimento dos elétrons – para explicar o mesmo fenômeno.

Na última etapa (**pós-intervenção**) já é possível perceber uma predominância das concepções associadas ao ACC3, no qual são atribuídos significados microscópicos ao conceito de condutibilidade, como, o cobre é bom condutor devido a sua estabilidade e por possuir elétrons livres: “[...] *porque ele é estável*”, “[...] *pois tem bastantes elétrons livres*”. Além disso, podemos perceber que os alunos começam a identificar distintas propriedades dos materiais (metais, nesse caso), e que elas são determinadas quanto à sua utilização e função nas mais diversas situações do nosso dia a dia (“outras concepções”): “[...] *ele [cobre] é revestido e poderia causar um certo circuito por causa que os fios têm funções diferentes*”.

No Quadro 3, como forma de síntese, pode ser percebida a relação entre os Âmbitos de Complexidade das Concepções e as etapas da sequência didática implementada, assim como a evolução das concepções dos alunos, que condizem com o momento 2 analisado neste artigo.

Quadro 3 – Relação entre Âmbitos de Complexidade das Concepções e etapas

Etapa	Âmbitos de Complexidade das Concepções (ACC)				Outras concepções
	ACC1	ACC2		ACC3	
		ACC2a	ACC2b		
Pré					
Interv.					
Pós					

7 CONCLUSÃO

A investigação, aqui detalhada, visou a perceber em que medida a sequência didática utilizada contribui para a evolução das ideias dos alunos sobre condutibilidade. Cabe destacar que essa investigação faz parte de uma proposta maior que visa a analisar como evoluem as ideias dos alunos sobre eletroquímica quando envolvidos em um processo didático de caráter investigativo.

Considerando a análise realizada, é possível perceber uma evolução significativa das concepções dos estudantes se levarmos em conta que, após a etapa interventiva, houve uma predominância das explicações em campo microscópico, além da percepção de que os materiais possuem funções e utilidades diferentes. Essas concepções distinguem-se daquelas apontadas inicialmente, já que muitos alunos não percebiam propriedades diferentes entre os materiais, e aqueles que as percebiam apenas faziam poucas distinções de âmbito macroscópico. Outro aspecto a ressaltar é a variedade de concepções e o aparecimento dessas em caráter microscópico na etapa de intervenção. Além disso, as explicações dos estudantes participantes deste estudo são mais elaboradas, no sentido de que buscam contemplar o processo como um todo – envolvendo elétrons, prótons, polos, entre outros –, ainda que existam problemas conceituais.

Apesar de os alunos considerarem uma visão microscópica na etapa pós-intervenção, eles não fizeram uma relação entre elas e o macroscópico, o que pode indicar um limitante da sequência utilizada. Os alunos acabam desconsiderando características macro, como o comprimento e a espessura dos materiais envolvidos, mesmo que percebam a importância do tipo de material na condução elétrica.

Essa relação entre macro e microscópio nas concepções dos alunos pode ser considerada mais um âmbito da estratégia de análise utilizada nesta investigação, formando o Âmbito de Complexidade das Concepções 4 – ACC4. Assim, pode ser elaborado o Quadro 4, apresentado a seguir, que pode ser utilizado como orientador para futuras pesquisas que desejam analisar as ideias dos alunos sobre condutibilidade, ou ainda pode ser adaptado para outros contextos.

Quadro 4 – Âmbitos de complexidade das concepções para orientação de análises

	Âmbitos de complexidade das Concepções (ACC)					Outras concepções
	ACC1	ACC2		ACC3	ACC4	
		ACC2a	ACC2b			
	Os materiais possuem propriedades <i>iguais</i> , ou seja, não existem distinções	Os materiais possuem propriedades <i>macroscópicas</i> diferentes e é citado apenas um exemplo	Os materiais possuem propriedades <i>macroscópicas</i> diferentes e é citado mais de um exemplo	Os materiais possuem propriedades <i>microscópicas</i> diferentes	Os materiais possuem propriedades <i>macro</i> e <i>microscópicas</i> diferentes	Concepções cujo âmbito não é possível identificar
Pré						
Interv.						
Pós						

Mesmo que as concepções dos alunos não tenham contemplado a relação entre macro e microscópico, as evoluções constatadas nesta investigação nos permitem efetivar a sequência didática utilizada, em específico a etapa interventiva. Além disso, os resultados encontrados mostram a validade da utilização do modelo didático investigativo, ou seja, de proporcionar ao aluno a liberdade de expressar, testar e reelaborar (caso ache necessário) suas ideias; e de considerá-las como legítimas, já que “Tudo o que vivemos como válido no momento de vivê-lo” (MATURANA; DÁVILA, 2008, p. 122). Porém, mais do que apontar as concepções dos alunos sobre condutibilidade e validar uma sequência didática baseada no modelo investigativo, esta pesquisa mostrou que é possível trabalhar de forma coerente com tal modelo ou, mais especificamente, com as ideias dos alunos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J de O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 105-122, abr. 1999.

CAMARGO, S.; NARDI, R. Formação inicial de professores de física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF**, 9, 2004, Jaboticatubas. Anais... Jaboticatubas, 2004.

CUBERO, R. *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Díada: Sevilla, 1989.

GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits and Oxidation-Reduction Equations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 2, p. 121-142, 1992.

GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and Electrolytic Cells. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 10, p. 1079-1099, 1992.

HARRES, J. B. S. et al. *Laboratórios de ensino: inovação curricular na formação de professores de ciências*. Santo André: ESETec Editores Associados, 2005, 99 p.

HOERNIG, A. M.; PEREIRA, A. B. As aulas de Ciências Iniciando pela Prática: O que Pensam os Alunos. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 3, p. 19-28, 2004.

LIMA, V. A. Atividades Experimentais no ensino médio: reflexão de um grupo de professores a partir do tema eletroquímica. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo São Paulo: USP, 2004.

LIMA, V. A.; MARCONDES, M. E. R. Atividades experimentais no Ensino de Química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, n. Extra, VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias. 2005.

MATURANA, H.; DÁVILA, X. **Habitar humano en seis ensayos de Biología Cultural**. Santiago de Chile: J. C. Sáez Editor, 2008.

MORAES, R. Análise de conteúdo. *Educação*, n. 37, p. 7-32, Porto Alegre, 1999.

NIAZ, M.; CHACÓN, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 12, n. 2, p. 129-134, 2003.

NIAZ, M. Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Electrochemistry. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 425-439, 2002.

OGUDE, N. A.; BRADLEY, J. D. Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 12, p. 1145-1149, 1996.

PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela**: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación. Sevilla: Díada, 1993.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. El conocimiento de los profesores. El caso del área de ciencias. Sevilla: Díada, 1998.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. *Constructivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas*. 2 ed. Porto Alegre: Editora EDIPUCRS, p. 195-208, 2003.

SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. Student Misconceptions in Electrochemistry: Current Flow in Electrolyte Solutions and the Salt Bridge. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 7, p. 819-823, 1997.

SANGER, M. J.; GREENBOWE, T. J. Common Student Misconceptions in Electrochemistry: Galvanic, Electrolytic, and Concentration Cells. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 4, p. 377-398, 1997.

SCHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

SILVA, L. H. de A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. *Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000, 182 p.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir dos resultados experimentais". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. Especial, p. 7-27, 2002.

TREAGUST, D.; DUIT, R. Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, n 3, p. 297- 328, 2008.

Von GLASERSFELD, E. Questions and answers about radical constructivism. In: TOBIN, K. (Org.). **The practice of constructivism in science education**. Washington: American Association for the Advancement of Science, 1993.

ZEMBAL-SAUL, C. et al. Web-based portfolios: a vehicle for examining prospective elementary teachers' developing understandings of teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, v. 13, n. 4, p. 283-302, 2002.

ANEXO 1 - Roteiro para orientação da prática sobre condutibilidade

MATERIAIS	HIPÓTESE (sim / não)	A LÂMPADA ACENDE? (sim / não)	BRILHO DA LÂMPADA (forte / fraco)
Sal			
Sal com água (íon)			
Açúcar			
Açúcar com água			
Vinagre (íon)			
Alumínio (elétron)			
Ferro (elétron)			
Plástico			
Madeira			
Cobre (elétron)			
Suco de limão (íon)			
Borracha			
Isopor			
Grafite (elétron)			
Zinco (elétron)			
HCl (aq, íon)			
NaOH (aq, íon)			
Chumbo (elétron)			

ANEXO 2 - Questionário de orientação para análise da prática sobre condutibilidade

1) A lâmpada acendeu com todos os materiais? Por que você acha que isso aconteceu?
2) Como você explica o fato da lâmpada acender com brilhos diferentes?
3) Como você pode observar no experimento, alguns materiais são melhores condutores de corrente elétrica do que outros. Como você explica isso?
4) Quais são as características comuns encontradas nos materiais que conduzem corrente elétrica? E nos que não conduzem?
5) Pensando microscopicamente, como você acha que se dá o processo de condução de corrente elétrica?

ANEXO 3 – Quadro Atividades

MOMENTO 1
PRÉ- INTERVENÇÃO
<p>Levantamento de ideias sobre a reatividade dos metais</p> <p>1) Você já deve ter ouvido falar ou visto que os fios da rede elétrica da nossa casa são de cobre (metal alaranjado). Poderíamos substituir este metal por outro? Comente sua resposta.</p> <p>2) Os portões de ferro costumam enferrujar se não forem pintados. Por que você acha que isto acontece?</p> <p>3) Você pode citar algum metal que não enferruje? Por que você acha que este material não enferruja?</p> <p>4) As painéis de alumínio perdem seu brilho rapidamente, mesmo que sejam bem areadas. Por que você acha que isso acontece?</p> <p>5) Muitas vezes, ao olharmos um objeto de prata, dizemos que a prata está fosca, escurecida. Por que você acha que isto acontece?</p>
INTERVENÇÃO
<p>Prática sobre a reatividade dos metais</p> <p>Prática: Os metais reagem com as mesmas substâncias?</p> <p><u>Material:</u></p> <p>- Metais: Mg; Fe; Zn; Cu;</p> <p>- Soluções (1mol/L): HCl; ZnCl₂; FeCl₃; CuSO₄;</p> <p>- outros: 16 tubos de ensaio; 1 estante para tubos; 4 pipetas; 1 caneta de retroprojeto.</p> <p><u>Procedimentos:</u></p> <p>1. Preencha a tabela 1, descrevendo a aparência dos materiais (cor, estado físico, etc.).</p> <p>2. Coloque um pedaço do metal Mg em quatro tubos de ensaio;</p> <p>3. Adicione em cada tubo, aproximadamente, 3mL de cada uma das quatro soluções.</p> <p>4. Espere alguns minutos e observe o que acontece.</p> <p>5. Anote na tabela qualquer alteração que tenha ocorrido dentro dos tubos.</p> <p>6. Siga os mesmos procedimentos para os outros três metais e faça suas observações na tabela 2.</p> <p><u>Análise dos resultados</u></p> <p>1) Todos os metais tiveram suas características alteradas?</p> <p>2) Com quais reagentes não observou-se modificações? Por que você acha que isso aconteceu?</p> <p>3) Nos demais casos, nos quais houveram modificações, o que aconteceu com o metal e com a solução? Como você explica isso?</p> <p><u>Socialização de ideias</u></p> <p>Socialização oral em grande grupo sobre as conclusões desenvolvidas com as atividades até então realizadas.</p>

Tabela 1: Descrição dos materiais		Tabela 2: Resultados do experimento			
Material	Descrição	Solução 1 HCl	Solução 2 ZnCl ₂	Solução 3 FeCl ₃	Solução 4 CuSO ₄
Mg					
Fe					
Zn					
Cu					
HCl					
ZnCl ₂					
FeCl ₃					
CuSO ₄					
PÓS-INTERVENÇÃO					
Reflexão sobre a primeira atividade (os alunos tiveram a oportunidade de reformular/modificar as suas ideias iniciais)					
MOMENTO 2					
A descrição desse momento e das atividades desenvolvidas encontram-se nesse artigo e nos Anexos 1 e 2					
MOMENTO 3					
PRÉ- INTERVENÇÃO					
Explicitação das ideias dos alunos sobre pilhas					
1) As pilhas têm um lado + (positivo) e o outro – (negativo). Como você explica isso?					
2) Sempre que colocamos uma ou mais pilhas em um equipamento temos que verificar qual o sentido que elas devem ser encaixadas. O que você pensa sobre isso?					
3) É hábito popular colocar uma pilha gasta na geladeira para que ela volte a funcionar. O que você acha disso? Explique.					
4) Ao utilizarmos uma pilha por um grande período de tempo dizemos que ela está velha. Qual a diferença entre esta pilha e uma pilha nova?					
5) Quando um aparelho à pilha pára de funcionar, uma das causas pode ser que a pilha tenha acabado. Por que você acha que isso acontece?					
Prática 1: Como você acha que é uma pilha por dentro?					
1) Faça um desenho de como você imagina que é uma pilha por dentro, detalhando os materiais que a compõem, seu nome e função (pra que serve?).					
INTERVENÇÃO					
Prática 1: Como você acha que é uma pilha por dentro? (continuação)					
2) Agora você irá abrir uma pilha e fazer um novo desenho, tentando identificar os componentes da pilha.					
3) Compare a pilha aberta com a que você desenhou. Há alguma diferença ou semelhança entre os desenhos? Quais?					
4) Imagine uma pilha utilizada por um longo período de tempo. Como você acha que é o interior desta pilha?					
Socialização de ideias					
Discussão sobre as atividades realizadas anteriormente, e sobre as reações que ocorrem no interior da pilha					

PÓS-INTERVENÇÃO

Reflexão individual e reformulação das primeiras ideias sobre pilhas.

Prática 2: construção de pilhas alternativas (batata e limão)

Como você acha que é o funcionamento dessas pilhas?

Material:

- 1) limões, batatas ou outros vegetais volumosos e suculentos;
- 2) fio de cobre ou jacarés (para conectar os materiais);
- 3) clipes, placas de zinco e cobre, pregos de ferro;
- 4) 1 led de 1,5 volt ou menos;
- 5) 1 calculadora (de pilha comum);
- 6) pedaços de lixa;
- 7) alicate;

Procedimentos:

Primeiro passo: Amassar os limões para romper as divisões internas e liberar o suco. Comece a trabalhar com quatro limões. Em cada limão, enterre uma placa de cobre e uma de zinco tomando o cuidado destas não se tocarem dentro do limão. Também podem utilizar clipes e fio de cobre, ou pregos e fio de cobre, sempre tirando o esmalte das extremidades do fio de cobre com a lixa. Una as placas de cobre às placas de zinco de um outro limão de modo que uma placa de cobre de um limão sempre esteja conectada à uma placa de zinco de um segundo limão, independentemente da quantidade de limões que estejam sendo utilizados. Caso o led ou a calculadora não acenda na primeira tentativa, não desanime: acrescente novos limões à bateria até conseguir seu objetivo. A seguir, repita a montagem com batatas ou outros vegetais e compare os resultados.

Questões:

- 1) Esta passando corrente elétrica pela batata e pelos limões? Explique.
- 2) Como você explicaria o funcionamento dessa “pilha”?
- 3) Quais as semelhanças e diferenças entre estas e as pilhas comuns abertas e discutidas em aulas anteriores.

Socialização de ideias

Discussão dos resultados obtidos e explicação

Reflexão individual sobre as atividades realizadas na fase “pré-intervenção”, podendo o aluno reformular suas respostas. Além disso, foi solicitado que os alunos elaborassem seu próprio modelo explicativo para o funcionamento da pilha alternativa com base nas ideias construídas ao longo de todos os momentos da sequência didática implementada.

ATIVIDADE FINAL

Auto-avaliação e avaliação da disciplina

Pensando nas nossas aulas de estágio, escreva:

- 1) O que você mais gostou?
- 2) O que você menos gostou?
- 3) Como você acha que foi seu desempenho? Pense no seu interesse, participação nas discussões, realização das atividades, na aprendizagem do conteúdo...
- 4) Pensando na sua resposta da questão anterior, se dê uma nota e justifique.
- 5) Escreva uma sugestão, crítica e/ou mensagem para as professoras.