

INVESTIGANDO AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ESTUDANTES SOBRE ELETROQUÍMICA.

INVESTIGATING THE STUDENTS' CONCEPTIONS ON ELECTROCHEMISTRY.

Rosângela Fernandes Velleca

**Maria Christina Inês Igne, José Carmo Lattari Jr, Franciane Zanetti Campanerut,
Eliane Branco Haddad, Adelaide Faljoni-Alario.**

Universidade de São Paulo/Departamento de Química, rvelleca@iq.usp.br

Resumo

Pesquisas recentes em ensino de Química têm mostrado grande interesse na diferença entre problemas que exigem procedimento algorítmico daqueles que requerem entendimento conceitual além da simples manipulação de variáveis observáveis (Niaz 1994b, 1995a, 1998, 2002). Esse trabalho pretende investigar as concepções alternativas em eletroquímica apresentadas por estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola particular de São Paulo (SP). O estudo tem por hipótese a priorização do aspecto qualitativo sobre o quantitativo, utilizando como estratégia uma abordagem inicial por experimentação, buscando minimizar as dificuldades de ensino-aprendizagem e a falta de conexão entre o nível do fenômeno e o nível de representação. Um instrumento exploratório foi elaborado e aplicado com o intuito de identificar a presença de concepções alternativas dos estudantes nos níveis de construção do conceito, representação e interpretação do fenômeno. A estratégia apresenta a possibilidade de uma nova abordagem mais focada nas idéias apresentadas.

Palavras-chave: concepções alternativas, eletroquímica, estratégia de ensino.

Abstract

Recent research in chemical education has shown a strong interest in differentiating between problems that require algorithmic procedures from those that require a conceptual understanding that goes beyond routine manipulation of observable variables. (Niaz 1994b, 1995a, 1998, 2002). This study intends to investigate the misconceptions in electrochemistry introduced by third-graders from the private high school in São Paulo. The survey presumes that a qualitative approach should be more effective than a quantitative one, using at first the experience, searching for the decrease of the difficulty in teaching-learning and the lack of connection between the phenomenon and the representation levels.

An investigation tool was created and employed aiming at identifying the presence of alternative conceptions, at conceptual levels, representation and interpretation of the phenomenon. This strategy allows the possibility of the new approach, more focused on the introduces ideas.

Keywords: electrochemistry, misconceptions, teaching strategy

INTRODUÇÃO

Em uma seqüência usual para aulas de Química no Ensino Médio, a experimentação ocorre após a aula teórica, simplesmente para confirmar ou ilustrar o conceito abordado. Porém, diferentes seqüências podem ser aplicadas visando aprimorar o processo de ensino/aprendizagem ou adequar-se a objetivos específicos.

Alguns estudos apresentam as concepções alternativas dos alunos sobre eletroquímica na escola média ou de graduação. Ogude e Bradley (1996) apontam algumas áreas que apresentam dificuldades nesse tópico, como a identificação de onde ocorre, na célula eletroquímica, o processo de fluxo dos elétrons, a condução no eletrólito, a neutralidade elétrica, a terminologia e os aspectos relativos aos componentes do processo, como ponte salina, cátodo, ânodo, etc. A confusão apresentada pelos estudantes com a terminologia cátodo, ânodo, eletrodo positivo, eletrodo negativo pode levar a uma interpretação errônea dos eventos nos eletrodos. Os estudantes têm dificuldade para relacionar a deposição e o desgaste do metal com os elétrons recebidos e perdidos no processo, conseqüentemente, assumem a idéia de cargas opostas para determinar o eletrodo positivo e o negativo, ânodo e cátodo nas células galvânicas e eletrolíticas. O depósito do metal sobre o eletrodo aparece sempre associado à idéia de íon positivo atraído pelo eletrodo negativo, prevalecendo a idéia das cargas opostas. Dessa noção de atração dos íons para os eletrodos de cargas opostas surge o problema na interpretação dos processos, como o movimento dos íons e fluxo dos elétrons.

JUSTIFICATIVA

Eletroquímica tem sido freqüentemente apontada 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; Sanger & Greenbowe, 1997; Özdaya, 2002). A literatura evidencia que os alunos têm dificuldades ainda maiores ao resolver atividades problematizadas que privilegiam o uso do conceito daquelas que são meras manipulações de algoritmos (Niaz & Chacón, 2002). A maioria dos livros textos adotados no ensino médio priorizam a resolução de problemas quantitativos, não valorizando a questão conceitual.

É necessário concentrar esforços para mudar a idéia dos estudantes de que química é inútil, difícil e desinteressante, conscientizando-os da importância desta ciência no mundo moderno. A exploração das concepções alternativas dos alunos pode ajudar o professor a encontrar uma abordagem didática que supere as dificuldades de ensino-aprendizagem enfrentadas durante o processo.

A utilização de um instrumento que proporcione um mapeamento das idéias alternativas dos estudantes durante a aprendizagem formal permite ao professor buscar uma alternativa didática para tais concepções, responsáveis, muitas vezes, pelo baixo desempenho apresentado nas atividades avaliativas. Assim sendo, o estudo pode ser encaminhado no sentido de investigar tais concepções para trabalhar o conceito científico.

OBJETIVO

O principal objetivo desse estudo é sugerir uma metodologia de trabalho para o ensino de eletroquímica e propor um instrumento de investigação para as concepções alternativas em eletroquímica.

A principal hipótese é que utilizar como estratégia uma abordagem inicial por experimentação pode minimizar as dificuldades de ensino-aprendizagem enfrentadas por professores e alunos.

Por outro lado, o cuidado com a linguagem é essencial para que o professor possa priorizar o aspecto conceitual sobre o quantitativo. Uma abordagem inadequada e a falta de conexão entre o nível do fenômeno e o nível de representação são fatores que podem comprometer a construção dos conceitos envolvidos.

METODOLOGIA

O assunto eletroquímica foi abordado para alunos com idade entre 16 e 18 anos, da terceira série do Ensino Médio em uma escola da rede particular de ensino na cidade de São Paulo (SP), período matutino.

O grupo constituído por 26 alunos participou, num primeiro momento, de atividade que permitiu a observação de fenômenos eletroquímicos no laboratório.

Numa segunda aula foi abordado o assunto de maneira a articular o nível representativo e submicroscópico. Neste momento as transformações químicas ocorridas no laboratório foram trabalhadas no nível simbólico, reforçando os conceitos de cátion, ânion, caráter metálico dos elementos, oxidação, redução, cátodo, ânodo e tabela de potenciais-padrão de redução.

A atividade seguinte envolveu a resolução de questões abordando os conceitos trabalhados. Procurou-se evitar modelos repetitivos e meramente mecânicos, que apelam para a simples reprodução, destituídos de qualquer significado e que não permitem a exploração das concepções alternativas dos estudantes.

Os estudantes receberam um instrumento exploratório contendo seis questões com o intuito de identificar as concepções alternativas a respeito de eletroquímica.

O instrumento elaborado pelos pesquisadores reflete a preocupação de oferecer aos professores a possibilidade de identificar as concepções alternativas presentes nos níveis de construção do conceito, representação e interpretação do fenômeno.

As questões elaboradas são do tipo *asserção – razão*, isto é formada por uma afirmação seguida de uma justificativa, as alternativas que acompanham cada questão permitem julgar a asserção – razão como:

- a) verdadeiro / verdadeiro e justifica a asserção;
- b) verdadeiro / verdadeiro e não justifica a asserção;
- c) verdadeiro / falso;
- d) falso / verdadeiro;
- e) falso / falso.

Descrição da atividade prática sugerida

Na atividade prática foram utilizados diferentes modelos de pilhas com eletrodos variados que proporcionaram diversas reações de oxidorredução.

Os eletrodos são de materiais presentes no cotidiano, como latas de alumínio (A), tubo de creme dental – de alumínio (B), barra de ferro – utilizada em construção (C), estanho – utilizado em soldas (D), zinco metálico (E), fita de magnésio (F), Fio de solda (mistura Sn e Pb) (G), cobre e alumínio em folhas (H), representados na Fig. 2.



Figura 1 – Materiais utilizados como eletrodos.

Foram utilizados meios que favoreciam reações de oxidação e redução nos eletrodos e a diferença de potencial foi lida no multímetro, de acordo com as figuras abaixo. Fig.2, Fig. 3., Fig. 4, Fig. 5.

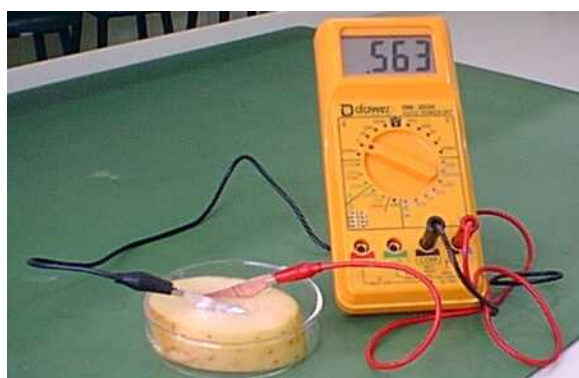


Figura 2. Pilha de alumínio e cobre em batata

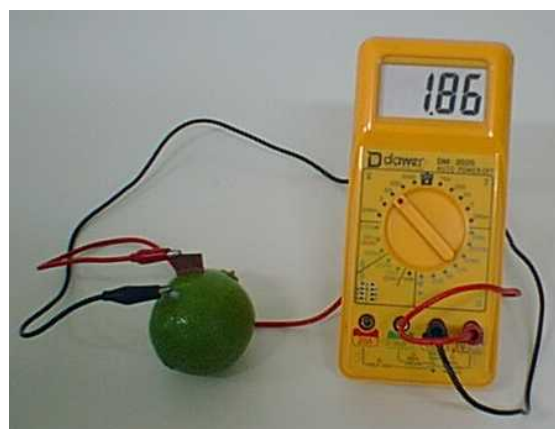


Figura 3. Pilha de magnésio e cobre com limão



Figura 4. Pilha de zinco e cobre com limão

Para facilitar a compreensão de que a energia produzida no processo de oxidorredução pode ser usada em instrumentos que requerem pequenas quantidades de energia, como uma calculadora, foi realizado o experimento ilustrado abaixo:

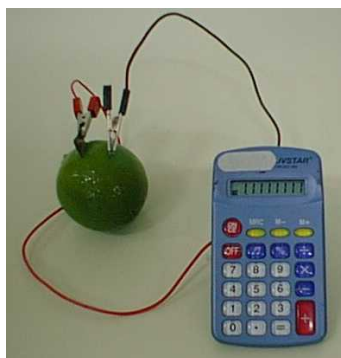


FIGURA 5 – calculadora movida pela pilha de magnésio e cobre com limão

Também foi demonstrado o modelo de pilha com soluções químicas, como sulfato de cobre e sulfato de zinco de concentrações 1 mol/L, separadas por material de cerâmica (vela de filtro de barro) e como eletrodos, os respectivos metais de cobre e zinco.

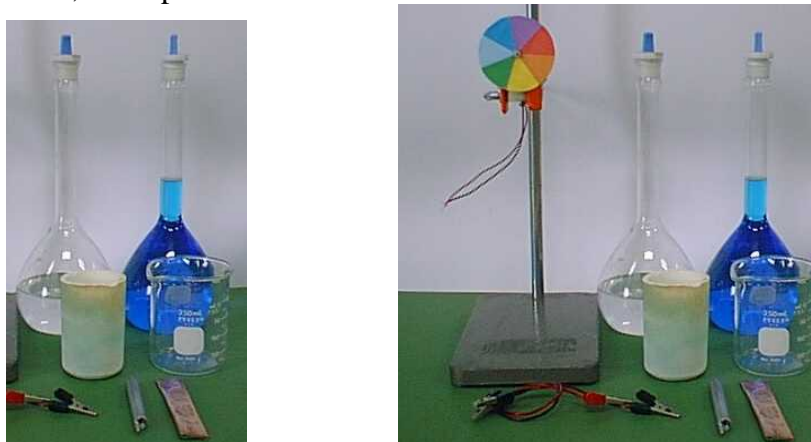


Figura 6. Materiais necessários para elaboração de pilha com soluções líquidas.

Os alunos observaram a montagem da pilha que pode ser representada pela figura 7. As soluções foram colocadas no béquer de 250mL e separadas pela membrana porosa, sendo que a solução de sulfato de zinco foi colocada dentro da membrana e a solução de sulfato de cobre do lado de fora da membrana. Em cada uma delas foi mergulhado o eletrodo. O objetivo foi reproduzir, na prática, o esquema:

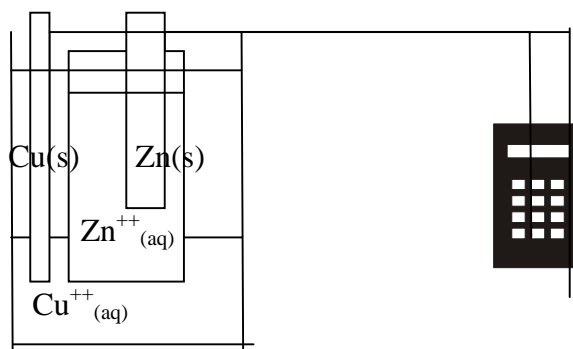


Figura 7. Esquema de um modelo de pilha



Figura 8. Pilha de zinco e cobre com membrana porosa.

A energia da reação de oxidorredução entre as soluções foi suficiente para o funcionamento de equipamentos como nas figuras 9, 10 e 11:

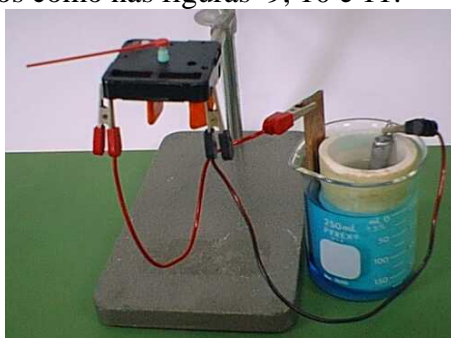


Figura 9: Funcionamento do relógio



Figura 10: Funcionamento da calculadora

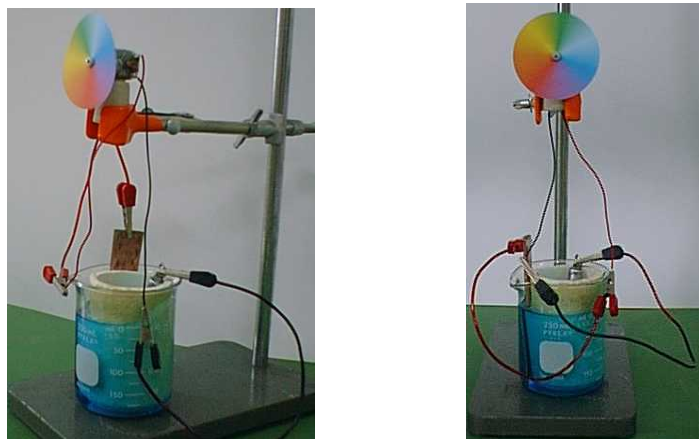


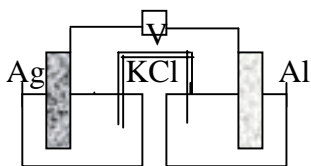
Figura 11: Movimentação do disco de Newton

Instrumento de Investigação das Concepções Alternativas

Questões:

- 1) Em uma pilha ocorre reação de oxidação e de redução PORQUE os elétrons são transferidos de uma região de potencial padrão de redução mais alto para uma região de potencial padrão de redução mais baixo.
- 2) Na pilha formada pelos eletrodos de Mg e Al, elétrons migram do pólo de magnésio para o pólo de alumínio PORQUE o alumínio sofre redução enquanto o magnésio sofre oxidação.

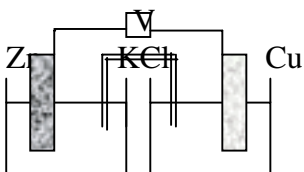
3) A pilha esquematizada abaixo:



Pode ser representada por $\text{Ag}^0(\text{s}) / \text{Ag}^+(\text{aq}) // \text{Al}^{3+}(\text{aq}) / \text{Al}^0(\text{s})$ PORQUE a prata sofre redução e o alumínio, oxidação.

4) Ao mergulhar um fio de cobre em uma solução de nitrato de prata 1 mol/L, observa-se a formação de um depósito metálico sobre o fio PORQUE trata-se de uma reação semelhante à que ocorre em uma pilha, em que a espécie oxidante é o $\text{Ag}^+(\text{aq})$.

5) Na pilha esquematizada abaixo, o voltímetro indica uma ddp igual a +1,10V PORQUE há um fluxo contínuo de elétrons entre as soluções através da solução de cloreto de potássio.



6) A ddp da pilha formada entre cobre e prata é igual a +0,46V PORQUE a reação global da pilha é a soma das semi-reações que ocorrem nas semi-células.

7) Anote o número das questões para as quais você utilizou os dados tabelados para resolução.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

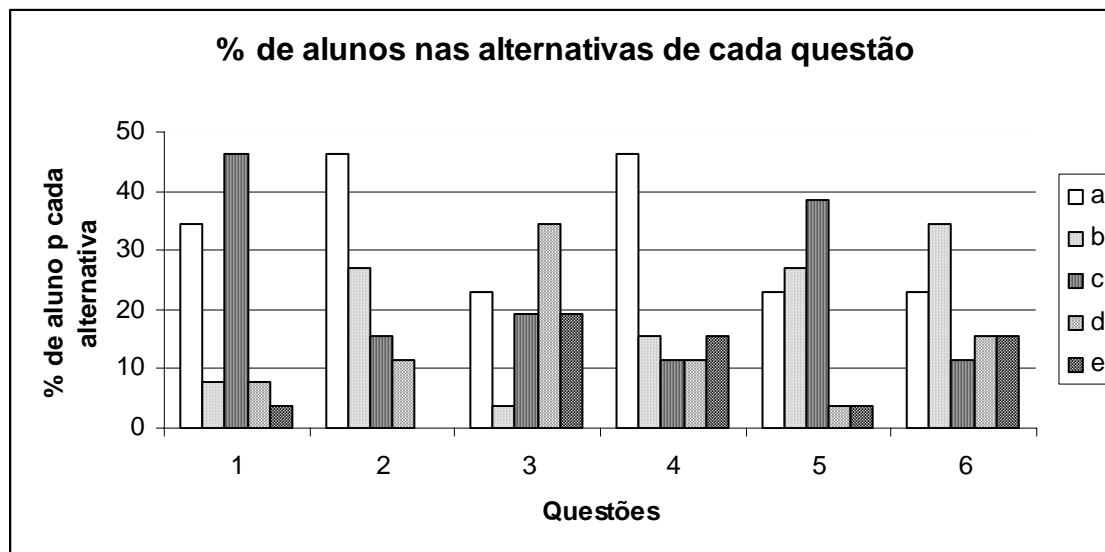
A tabela 1 apresenta o número de alunos que assinalou cada alternativa do instrumento para investigação das concepções alternativas dos alunos e no gráfico 1 esses valores estão representados em porcentagem.

Tabela 1. Número de alunos que assinalou cada alternativa do instrumento.

Alternativas	Questões					
	1	2	3	4	5	6
a	9	12	6	12*	6	6*
b	2	7*	1	4	7	9
c	12*	4	5	3	10*	3
d	2	3	9*	3	1	4
e	1	0	5	4	1	4

*alternativa correta

Gráfico 1: Porcentagem de alunos nas alternativas de cada questão.

**Questão 1** - alternativa c.

Permite a identificação do tipo de reação química que ocorre na pilha associada às condições que proporcionam a transferência de elétrons. Se o aluno reconhece a transferência de elétrons e a aplicação do potencial padrão de redução, ele conclui que na *razão* o sentido do fluxo de elétrons está invertido.

O potencial padrão de redução evidencia a tendência de receber elétrons, e na pilha é necessário identificar que o fluxo de elétrons ocorre da substância com menor potencial padrão de redução, o que equivale a dizer perda de elétrons, para a substância com maior potencial padrão de redução, ou seja, recebimento de elétrons.

Embora a maioria dos alunos (46,2%) tenha optado pela alternativa correta (c), um número significativo de alunos (34,6%) assinalou a alternativa (a) provavelmente porque consideram potencial de redução maior como maior tendência a doar elétrons.

Questão 2 - alternativa b.

Visa a aplicação/transferência dos conceitos envolvidos em uma pilha específica. É importante levar em consideração que o aluno pode resolver esta questão usando a tabela de potencial padrão de redução ou pelos seus conhecimentos prévios das propriedades dos elementos químicos utilizadas na organização da tabela periódica.

A maioria dos estudantes, ao assinalar verdadeiro/verdadeiro (46,2%, alternativa a) reconhece a tendência de cada metal a oxidar-se ou reduzir-se, porém não identificam a causa e efeito do processo.

Questão 3 - alternativa d.

Verifica a compreensão do nível representativo da pilha segundo a notação IUPAC. Se o aluno examina a tabela de E^0 red para decidir o sentido do fluxo de elétrons ou se simplesmente mecaniza a identificação das espécies oxidantes e redutoras comparando-as com a escrita ocidental, ou seja, da esquerda para a direita, o que fica evidenciado nos resultados.

Questão 4 - alternativa a.

Reconhecer na situação proposta a ocorrência de uma reação espontânea de oxidorredução e relacionar o fenômeno de deposição do metal com a formação de prata metálica a partir do $Ag^+(aq)$, pelo recebimento de elétrons, favorecido pela oxidação do cobre. O bom desempenho

deve estar refletindo a maior facilidade de compreensão dos fenômenos observáveis ligados à eletroquímica.

Questão 5 – alternativa c

Esta questão permite investigar um aspecto quantitativo: cálculo da ddp, previsão da espontaneidade da reação e a articulação entre o nível do fenômeno e o da representação. Quanto ao aspecto quantitativo, o aluno deve fazer o cálculo da ddp, utilizando a tabela de potenciais padrão de redução. No aspecto conceitual, há espaço para que o aluno manifeste suas concepções alternativas, isto é, conceitos não fixados, não compreendidos ou o aluno apresenta dificuldade na transferência do conceito em um novo contexto, no que se refere aos conceitos de íons, cargas elétricas e ligação metálica, bem como a idéia do fluxo de elétrons pela ponte salina.

Embora a maior porcentagem dos alunos tenha acertado a questão, um número significativo deles assinalou as alternativas a e b, o que pode evidenciar a concepção alternativa de que os elétrons fluem através da ponte salina independente da espécie química correspondente.

Questão 6 - alternativa a.

Esta questão verifica se o aluno compreende o processo de uso das semi-reações ou se apenas realiza o cálculo da diferença de potencial através do algoritmo.

A pulverização na escolha das alternativas sugere o fato dos alunos não relacionarem a somatória das semi-reações ocorridas na pilha com a somatória dos potenciais de redução e oxidação, evidenciando a falta de conexão entre os aspectos qualitativos e quantitativos do processo. Esse resultado pode ser consequência da síntese feita pelo professor, utilizando o algoritmo $ddp = E^{\circ} \text{cátodo} - E^{\circ} \text{ânodo}$ no cálculo da diferença de potencial da pilha.

Questão 7

Objetiva verificar se nas questões 2, 3, 4, 5 e 6 o aluno consultou os dados tabelados, ou seja, potenciais padrão de redução, ou relacionou com seus conhecimentos prévios das propriedades dos elementos químicos na organização periódica dos elementos.

A tabela 2 apresenta os números das questões apresentadas no instrumento, o número de alunos que consultou a tabela de potenciais padrão de redução e a porcentagem correspondente.

Tabela 2: Alunos que consultaram a tabela de potenciais de redução.

Questão	Número de alunos	Porcentagem %
01	05	19,2
02	18	69,2
03	18	69,2
04	09	34,6
05	25	96,1
06	20	76,9

A maioria dos alunos prefere utilizar a tabela de potenciais de redução. Não relacionam os processos apresentados nas questões aos conhecimentos prévios das propriedades químicas dos metais segundo a classificação periódica dos elementos. Pode-se inferir que há insegurança dos estudantes em usar os conhecimentos prévios, ou que a consulta à tabela permite um julgamento rápido das alternativas propostas.

CONCLUSÕES

A aprendizagem da química envolve a utilização de fórmulas, equações e símbolos. Por isso, desde o início da discussão do assunto eletroquímica, o professor deve trabalhar de forma a articular os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone, 1982, 1991), sem priorizar a memorização, mas procurando mostrar seu significado, tanto pela ótica do observável, quanto do não observável, isto é, do modelo. Na questão seis, que pretendia verificar se o aluno compreendeu o processo do uso das semi-reações ou se apenas realizou o cálculo da diferença de potencial através do algoritmo, houve dispersão na escolha das alternativas. A análise deste resultado evidenciou o fato dos alunos não relacionarem os aspectos quantitativos e qualitativos do processo eletroquímico, o que pode ser consequência da síntese feita pelo professor, utilizando o algoritmo que determina a diferença de potencial da pilha, a partir da subtração entre o potencial padrão de redução do cátodo e do ânodo.

Embora tenha se verificado também pulverização na escolha das alternativas da questão três, os resultados evidenciam uma boa compreensão do nível representativo segundo a notação IUPAC.

O resultado da aplicação do instrumento demonstra que o número de alunos que escolheu nas questões um, quatro e cinco a resposta correta, representa a maioria. No entanto, o fato de um número significativo de estudantes terem assinalado verdadeiro/verdadeiro nas questões um e cinco, sugere: o reconhecimento da tendência de cada metal a oxidação ou redução, mas não a identificação de causa e efeito do processo; a concepção alternativa de que os elétrons fluem através da ponte salina independente da espécie química correspondente. Vale ressaltar também a importância do nível observável – deposição da prata no fio de cobre – como facilitador no reconhecimento da espontaneidade de uma reação de oxidorredução.

Embora as questões um e dois explorassem o mesmo conceito, a diferença dos resultados revela que os alunos, mesmo reconhecendo o processo, apresentam dificuldade em justificá-lo.

A proficiência do instrumento está em permitir ao professor não só a identificação das idéias alternativas apresentadas pelos estudantes, bem como a possibilidade de uma nova abordagem mais focada nas idéias apresentadas.

Devido à coerência e persistência das concepções alternativas que os alunos demonstram em eletroquímica, há necessidade de uma nova abordagem conceitual e metodológica, cujo processo deve ser precedido de uma adequada formação de professores, centrada nas teorias e metodologias mais atualizadas do ensino e da aprendizagem.

É importante também, que o professor não se prenda na seqüência apresentada nos livros didáticos disponíveis, permitindo-se uma maleabilidade e adequação dos conteúdos e seus conceitos de forma que os estudantes percebam que o material é fonte de pesquisa, fator de enriquecimento de seus conhecimentos, mas que não constitui verdade absoluta e incontestável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOHNSTONE, A.H. Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64 (227), pp. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A.H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83, 1991.

NIAZ, M. and CHACÓN, E. A Conceptual Change Teaching Strategy to Facilitate High School Students' Understanding of Electrochemistry. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 12, nº 2, 2003

NIAZ, M. From Quantitative to Qualitative: A Better Understanding of the Behaviour of Gases? *School Science Review*, 76, 87-88, 1994b.

NIAZ, M. Progressive Transitions from Algorithmic to Conceptual Understanding in Student Ability to Solve Chemistry Problems: a Lakatosian Interpretation. *Science Education*, 79, 19-36, 1995a.

NIAZ, M. Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Electrochemistry. *International Journal of Science Education*, vol. 24, nº4, 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*. vol.73, nº 12, 1145-1149.