

## **Um estudo comparativo entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica**

**João Batista Santos Jr, Edegar Benedetti Filho, Alexandre Donizeti Martins Cavagis e Eduardo Almeida Anuniação**

Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Brasil. E-mails: [joabats@ufscar.br](mailto:joabats@ufscar.br), [edemar@ufscar.br](mailto:edemar@ufscar.br), [cavagis@ufscar.br](mailto:cavagis@ufscar.br), [eduquimica@hotmail.com](mailto:eduquimica@hotmail.com)

**Resumo:** Este artigo faz uma análise comparativa entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica em um grupo de alunos de um cursinho pré-vestibular gratuito voltado para alunos da rede pública. Para tal, o público alvo foi dividido em três grupos, controle, experimentação e simulação. Os estudantes responderam a quatro instrumentos aplicados antes do ensino, depois do ensino (um mês depois) e finalmente, um ano depois desse último. Os resultados apontam que após um mês o rendimento dos alunos era muito semelhante e que no ano seguinte, o grupo experimentação teve um rendimento superior aos demais sendo que o grupo controle para o qual, as atividades experimentais e simulação por computador não foram implementadas, teve o pior desempenho.

**Palavras chave:** atividades experimentais, simulação por computador, ensino de química, electroquímica.

**Title:** An investigation into the effectiveness of experimental activity and computer simulation in Electrochemistry learning.

**Abstract:** This article makes a comparative analysis between the experimental activity and computer simulation in electrochemistry learning in a group of students from free preparatory course aimed at students in public schools. To this end, the students was divided into three groups: control, experimentation and simulation. Students completed four instruments used before school, after school (a month later) and finally, a year after that last. The results show that after one month student performance was very similar and that the following year, the experimentation group had a better yield than the other being that the control group for which the experimental activities and computer simulation have not been implemented, had the worst performance.

**Keywords:** experimental activities, computer simulation, chemistry teaching, electrochemistry.

### **Introdução**

Estudos apontam que o desinteresse dos estudantes pelas disciplinas da área das Ciências da natureza está relacionado com vários fatores. No caso da Química em especial, são apontados, por exemplo, que se trata de uma

ciência de difícil compreensão e distante do cotidiano (Guimarães, 2010); valorização da memorização de regras, fórmulas, nomes e estruturas (Lima e Leite, 2012); transmissão de informações, de conceitos e de leis de maneira desconectadas com o cotidiano dos estudantes (Lima, 2012), entre outros. É evidente que uma parte do professorado tem consciência de que é preciso inserir em suas aulas atividades que favoreçam a aprendizagem dos alunos. Dentro desta perspectiva muitos trabalhos apontam que o estudo da eletroquímica é, em especial, problemático tanto para o professor quanto para os estudantes (Caramel e Pacca, 2011; Lima e Marcondes, 2005; Matos, Takata e Banczec, 2013).

Visando superar tais dificuldades destacam-se duas atividades em especial, a experimentação e a simulação por computador. Muito conhecimento acerca dessas atividades foi produzido pela pesquisa em ensino de Química nos últimos anos. Esse sem dúvida é um aspecto positivo, pois, aproxima esse conhecimento dos professores. Apesar disso, tanto a experimentação quanto a simulação parecem estar muito distantes das aulas na escola pública, mesmo com a disponibilização de tais conhecimentos e os esforços dos pesquisadores da área em suprir essa lacuna. Alguns aspectos podem justificar tal fato, como por exemplo, a falta de recursos materiais disponíveis para os docentes na escola e o despreparo dos professores para trabalhar com essas atividades (Gracindo e Fireman, 2010).

Essa investigação visa fazer um estudo comparativo entre a experimentação e a simulação e identificar se alguma dessas atividades favorece mais a aprendizagem da eletroquímica. Tal tema foi escolhido devido ao fato de ser considerado como de difícil aprendizagem para os estudantes (Lima e Marcondes, 2005; Fragal et al., 2011).

Sabe-se das dificuldades que o professor enfrenta no que concerne à inserção de atividades diferenciadas em suas aulas, isto é, atividades que não se restrinjam apenas ao uso da lousa e do livro didático. Assim, é de esperar que o docente planeje muitas dessas atividades. Assim, seria de bom senso que o professor pudesse escolher aquela atividade que melhor se adeque aos seus objetivos ou a sua realidade na escola. Nessa perspectiva, uma reflexão pode ser fundamental para subsidiar o docente na tomada de decisão: qual atividade é mais efetiva para a aprendizagem dos alunos, a experimentação ou a simulação por computador? Nesse sentido, esse artigo visa fornecer subsídios que possam contribuir na elucidação dessa questão e estimular a reflexão sobre o tema.

### **O papel da experimentação no ensino de Química**

Gonçalves e Galeazzi (2004), Silva e Zanon (2000) e Hodson (1994), apontam que, atividades experimentais são uma opção para melhorar a aprendizagem dos estudantes. A utilização desse tipo de atividade pode oferecer ao aluno uma alternativa para a compreensão de conceitos que, de alguma maneira, possam parecer abstratos ou longe de sua realidade (Rosito, 2003). Reginaldo, Sheid e Güllich (2012, p. 2), apontam que a realização de experimentos durante as aulas favorecem a relação indissociável entre teoria e prática. Muitos professores enxergam a experimentação por esta perspectiva, acreditam que ela contribui para o

aprendizado, permitindo um maior envolvimento do aluno com os temas estudados (Giordan, 1999). De acordo com Rosito (2003), "a experimentação é essencial para um bom ensino de ciências", pois permite uma maior interação entre o professor e os alunos, melhorando a compreensão dos processos da ciência. De acordo com as ideias de Ferreira; Hartwig; Oliveira (2010) as atividades experimentais no ensino de Química se constituem em um recurso pedagógico importante para a construção de conceitos científicos. Ponticelli, Zucolotto e Beluco (2013) argumentam que esse tipo de atividade é capaz de articular os conhecimentos prévios e a observação dos estudantes no sentido da análise de suas próprias hipóteses e ideias. As atividades experimentais também são apontadas como um agente favorecedor para aprendizagens em ciências mesmo para alunos das séries iniciais (Silva e Serra, 2013).

Vale ressaltar que a atividade experimental defendida por inúmeras pesquisas é a de natureza investigativa e que, favorece a compreensão da construção do conhecimento científico e não, aquela que se restringe à mera comprovação de leis e teorias. Nesse sentido Hodson (1988) argumenta que os experimentos propostos pelos docentes devem visar o ensino de ciências, o ensino sobre a ciência e o ensino de como a ciência é feita.

Hodson (1988) alerta a respeito do uso equivocado do experimento no ensino de ciência. Em muitas situações, o experimento tem como função ilustrar um determinado conceito particular, ao passo que a ciência utiliza a experimentação para desenvolver teorias. Segundo o autor, quando o resultado de um experimento não é alcançado, ou seja, o resultado obtido não condiz com o esperado, e não há questionamento a respeito do porque não se chegou ao resultado "ideal", o aluno simplesmente aceita uma teoria que não está de acordo com o experimento. Para que este tipo de equívoco não ocorra, é necessário que as práticas sejam bem orientadas. A crença de que a utilização de atividades experimentais como recurso para motivar os alunos também é um equívoco apontado pelo autor, uma vez que nem todos os alunos sentem-se motivados, podendo, inclusive, ter aversão a este tipo de atividade.

No caso do tema eletroquímica, algumas propostas de ensino baseadas na atividade experimental de natureza investigativa indicam que essa última favorece: a reflexão dos estudantes sobre suas concepções alternativas e a construção concepções mais próximas daquelas relacionadas ao conhecimento científico (Fragal et al., 2011); o protagonismo do aluno em sua própria aprendizagem (Silva, Ferreira e Souza, 2014); o desenvolvimento de competências como a argumentação e a colaboração (Bianchini e Zuliani, 2010).

### **O papel da tecnologia no ensino de Química**

A facilidade de acesso à internet e a aquisição de equipamentos de informática pelas escolas, talvez possam ter favorecido a popularização desses recursos pelos docentes em suas aulas. Vale ressaltar que o desenvolvimento de muitos programas voltados para o ensino, além, da criação de muitos sites dedicados ao uso do computador no ensino e a dedicação de muitos grupos de pesquisa que enfocam essa temática, sem

dúvida, contribuíram para esse cenário. Uma crítica comum sobre a utilização dos recursos tecnológicos recai sobre o despreparo dos professores sobre como incorporar a tecnologia em suas práticas pedagógicas (Peixoto, Brandão e Santos, 2007). Na Tabela 1 apresenta alguns sites que disponibilizam gratuitamente recursos computacionais para os professores.

Site	Link	Descrição
PhET- Interative simulations	<a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/">https://phet.colorado.edu/pt_BR/</a>	Portal mantido pela Universidade do Colorado/USA que disponibiliza simulações de Química, Física, Biologia e Matemática.
LabVirt	<a href="http://www.labvirtq.f.e.usp.br/indice.asp">http://www.labvirtq.f.e.usp.br/indice.asp</a>	Portal mantido pela Universidade de São Paulo/USP disponibiliza simulações de Química, Física, Biologia.
Banco Internacional de Objetos Eduacionais	<a href="http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/">http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/</a>	Portal mantido pelo MEC cujo objetivo é disponibilizar objetos de aprendizagem em vários formatos.
Portal do professor	<a href="http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html">http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html</a>	Outro portal mantido pelo MEC que favorece a colaboração entre professores e que disponibiliza muitos recursos tecnológicos.

Tabela 1.- Alguns sites em português que disponibilizam recursos computacionais.

Alguns conceitos científicos como, por exemplo, os modelos atômicos, são mais fáceis de serem explorados nas aulas com o uso de computadores do que com experimentos. Para tentar superar esse tipo de dificuldade, têm surgido nos últimos anos diversos recursos computacionais, destacando-se as simulações (Giordan, 1999).

Segundo Hodson (1994), o uso das simulações favorece o estudo dos conceitos e fenômenos, uma vez que pode ser superada as dificuldades encontradas nos experimentos, como tempo dedicado e, muitas vezes, cálculos complicados envolvidos no experimento. O pesquisador destaca que o uso da simulação auxilia na compreensão por parte do aluno que nem toda pesquisa científica é experimental. Oliveira (2013) argumenta que os recursos computacionais ampliam o interesse geral dos alunos pelo conteúdo abordado, favorecem a construção a construção de conceitos químicos. Nessa linha, Dallacosta, Fernandes e Bastos (1998) argumentam que os recursos computacionais ampliam a compreensão e a visualização de conteúdos abstratos.

É preciso considerar que recursos tecnológicos não podem substituir sempre as atividades experimentais, mas em consonância com essas. A simulação computacional pode ser um recurso importante em situações onde o docente tenha que lidar com um fator que dificulte a proposição da experimentação, como por exemplo, quando o experimento demanda mais tempo que o disponível para a aula, nesse caso a simulação permite que os alunos observem todo o processo em menos tempo e possam revê-la

sempre que necessário (Tavares, 2008). Outra situação em que a simulação computacional poderia substituir uma atividade experimental seria no caso de se utilizar reagentes voláteis ou que requerem maior cuidado com o seu manuseio.

Sobre o uso das simulações no ensino de Química, Tüysüz (2010) argumenta que estratégias de ensino baseadas neste tipo de recurso pedagógico possibilitam o desenvolvimento de um ambiente favorável e estimulante para o estudante. A motivação e o engajamento na própria aprendizagem foram dois aspectos apontados por Silveira, Nunes e Sorares (2013) e Silva Junior e colaboradores (2014) como produtos da utilização da simulação nas aulas de Química. Um aspecto que precisa ser considerado sobre a utilização da tecnologia é o despreparo que os professores apresentam em relação a essa (Gracindo e Fireman, 2010).

Trabalhos anteriores já apontavam que a tecnologia tem potencial para tornar-se uma ferramenta pedagógica no ensino de Química por promover aprendizagem conceitual (Tao e Gunstone, 1999), compreensão dos fenômenos nos níveis representacionais e submicroscópico (Wu, Krajcik, Soloway, 2001) e o desenvolvimento de modelos representacionais (Santos e Greca, 2005).

### **Metodologia**

O público alvo desta pesquisa constituiu-se por quinze alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas da região de Sorocaba-SP que participavam de um curso pré-vestibular mantido por uma universidade federal do Estado de São Paulo. Os quinze alunos foram aleatoriamente divididos em três grupos, grupo controle, grupo atividade experimental e grupo atividade simulação, sendo cada grupo composto por cinco estudantes.

Para coleta de dados foram utilizados quatro instrumentos diferentes para identificar a aprendizagem dos alunos ao longo da investigação. Esses instrumentos serão detalhados adiante e foram aplicados em três momentos diferentes sendo, antes da primeira aula em que o conceito seria abordado pelo professor (doravante denominado pré-ensino). Nessa fase da investigação os instrumentos visavam identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema. Vale ressaltar que o professor é um dos pesquisadores dessa investigação e que naquele momento era aluno do 9º semestre do curso de Química da universidade. O segundo momento correspondeu ao intervalo de um mês após a primeira aula (ensino 1) e finalmente, o terceiro momento (ensino 2) aplicado cerca de um ano após ensino 1. A aplicação dos instrumentos nos dois últimos momentos visava identificar a aprendizagem dos alunos após o ensino.

O instrumento 1 baseava-se na escala Likert e objetivava apontar a percepção do próprio aluno em relação aos seus conhecimentos sobre os conteúdos que seriam tratados nas aulas. No questionário o estudante deveria atribuir um valor entre 0 e 5 sobre o que ele conhecia sobre o conceito de pilhas de Daniell. O valor 0 representava que o aluno considerava que desconhecia o conceito químico e o valor 5 indicava muito conhecimento no assunto. Os outros valores apontavam para níveis intermediários de conhecimento segundo a percepção dos estudantes.

O instrumento 2 (anexo 1) visava identificar se o aluno era capaz de utilizar o conceito abordado e a linguagem química na resolução de uma típica questão de vestibulares. Após a resolução o aluno deveria justificar a sua resposta. Dessa forma seria possível saber se em caso de ter acertado a resolução, o aluno tinha consciência do que fazia ou se foi apenas uma questão de sorte, já que a questão era de múltipla escolha.

O instrumento 3 (anexo 2) se tratava de um mapa conceitual, a escolha dessa ferramenta deveu-se ao fato dela já ser muito utilizada no processo de ensino e de aprendizagem. Segundo Novak (1998) os recursos esquemáticos dos mapas conceituais representam um conjunto de conceitos interrelacionados numa estrutura hierárquica proposicional. Dessa maneira evidenciam-se as relações entre conceitos mais importantes para o aprendente. Há uma ordem sequenciada e hierarquizada dos conteúdos abordados, estimulando adequadamente a aprendizagem. Desta maneira, a avaliação por mapa conceitual busca observar como o aluno estrutura, organiza, hierarquiza, integra e relaciona conceitos de certa unidade de estudo, procurando obter evidências de aprendizagem significativa (Moreira, 1980). Nessa perspectiva, no instrumento 3 o aluno deveria completar o mapa com os conceitos previamente indicados respondendo a seguinte questão focal, como funciona uma pilha de Daniell? Essa maneira de elaborar o mapa conceitual foi escolhida para diminuir a diversidade de respostas dadas, pois, tal fato, dificultaria um comparativo entre os mapas.

O instrumento 4 (anexo 3) era composto por 5 questões de múltipla escolha com cinco alternativas. As questões foram retiradas de livros didáticos. O objetivo deste instrumento era verificar o domínio do aluno em relação à interpretação e organização das informações.

A primeira aula teve duração de duas horas, nesta aula foram abordados conceitos como oxirredução, diferença de potencial, reatividade de metais e pilhas de Daniell. Após a aula os estudantes foram divididos em grupos conforme informado anteriormente. Sendo que o conteúdo foi trabalhado em todos os grupos durante um mês de acordo com o cronograma do curso que prescrevia uma aula semanal. A única modificação feita no cronograma foi a inclusão de uma aula extra para os grupos experimentação e simulação. Nessas aulas o docente propôs uma atividade experimental para o primeiro grupo, para o segundo grupo foi planejada uma simulação utilizando o computador.

A aula extra com o grupo experimental consistiu de uma atividade na qual foi pedido aos alunos que, a partir dos conhecimentos obtidos nas aulas expositivas, montassem uma pilha de Daniell com os materiais disponibilizados pelo professor. Esses materiais eram, béqueres, placas de cobre e de zinco, fios de cobre, garras tipo jacaré, soluções salinas de sulfato de cobre e sulfato de zinco, ponte salina e um multímetro. Todos os alunos desse grupo manifestaram que nunca haviam tido a oportunidade de conhecer experimentos sobre eletroquímica. O professor propôs algumas problematizações antes e depois de que os alunos fizessem a atividade experimental. Essa estratégia se baseava nos três momentos pedagógicos (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002). Os alunos deveriam responder questões como: os elétrons se movimentam em direção ao ânodo ou ao

cátodo? O que aconteceria se as placas metálicas fossem invertidas nas soluções? Se a ponte salina for retirada do circuito o que irá acontecer?

A aula extra do grupo simulação foi organizada seguindo a estratégia dos três momentos pedagógicos, sendo que, foram feitas as mesmas problematizações propostas para o grupo experimentação. Na aula foram utilizadas três simulações que abordavam a eletroquímica. Os alunos puderam repetir as simulações quantas vezes quisessem. As Figuras 1 e 2 apresentam duas das três simulações trabalhadas na aula.

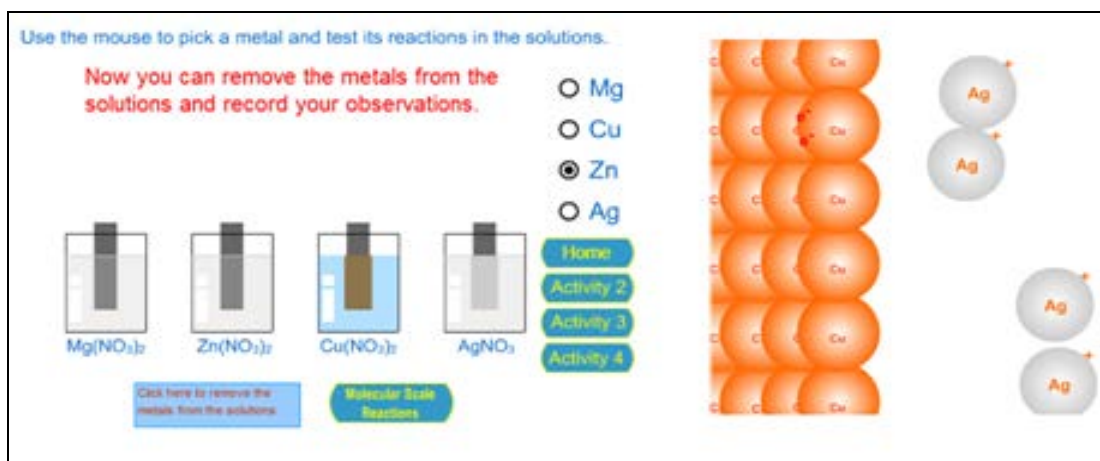


Figura 1.- Simulador “Experimento reações de metais e íons”. Disponível em: <http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/html%20%20files/resrch-simanim-content.html>

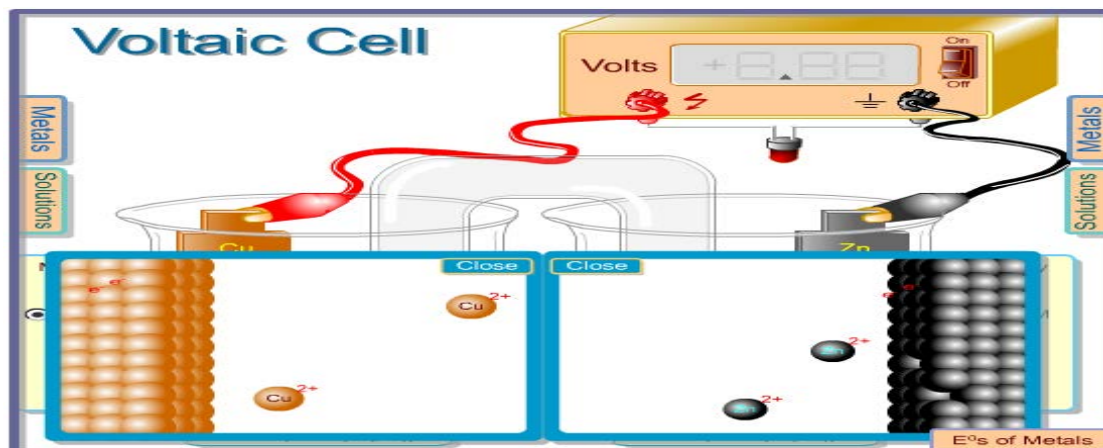


Figura 2.- Simulador “Experimento célula eletroquímica”. Disponível em: <http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/html%20%20files/resrch-simanim-content.html>

## Resultados

Para sistematizar a análise dos dados obtidos, os alunos integrantes do grupo controle foram nomeados como C1, C2, C3, C4 e C5. Os alunos do grupo atividade experimental, foram nomeados como E1, E2, E3, E4 e E5 e os alunos do grupo atividade simulação, foram nomeados como S1, S2, S3, S4 e S5.

No Anexo 4 são apresentados os dados referentes as respostas dadas pelos alunos no instrumento 1 cujo objetivo era identificar o grau de conhecimento dos alunos acerca dos conteúdos que iriam ser abordados em sala de aula.

No Anexo 5 estão apresentadas as respostas obtidas no Instrumento 2. Neste, o aluno deveria responder entre 4 pares de pilhas aquele que apresentaria maior produção de corrente elétrica e, em seguida o estudante justificar a sua resposta. Foram consideradas adequadas as justificativas em que o aluno fundamentava a resposta com base no valor da diferença de potencial gerada (ddp).

Tal raciocínio foi considerado nessa pesquisa com um fator indicativo de que o estudante usou seus conhecimentos sobre o tema em estudo e resolveu a questão de maneira consciente. Por essa razão, para efeito de análise apenas as justificativas adequadas foram levadas em conta. Também foram desconsideradas aquelas justificativas adequadas em que o aluno havia errado a resposta.

No Anexo 6 foram apresentadas as respostas dadas pelos alunos no instrumento 3 que se tratava de um mapa conceitual que deveria ser completado com onze conceitos químicos estudados e presentes no mapa. Para analisar os dados foi arbitrado que um mapa seria considerado como "intermediário" se contivesse entre 6 e 9 conceitos químicos correlacionados de maneira adequada, "satisfatório" com 10 ou mais correlações adequadas e finalmente, "insatisfatório" aqueles mapas com 5 ou menos conceitos correlacionados.

Não há uma razão específica para justificar os valores estipulados para estabelecer os critérios, apenas tentou-se encontrar uma maneira de qualificar o rendimento dos alunos com esse instrumento.

No instrumento 4 os alunos deveriam responder a cinco questões objetivas. Analogamente ao que foi feito no instrumento 1, foi arbitrado certos parâmetros para analisar o desempenho dos estudantes. Dessa forma, foi considerado como tendo aproveitamento insatisfatório aquele aluno que acertou no máximo duas questões. Como intermediário aquele estudante que acertou 3 questões e aqueles que acertaram acima de 4 questões foram considerados como alunos com aproveitamento satisfatório. As respostas dos estudantes são apresentadas no Anexo 7.

## **Discussão**

De acordo com as declarações dadas pelos estudantes no instrumento 1 (anexo 4), ficou evidente que a maioria dos estudantes inicialmente não tinha conhecimentos sobre eletroquímica (vide coluna pré-ensino desse anexo). As declarações dadas pelos alunos em ensino 1, ou seja, um mês depois de iniciados os estudos sobre pilhas de Daniell, indicam que em todos os grupos foi observada uma evolução no grau de conhecimento sobre o conteúdo estudado. As respostas dadas no instrumento em ensino 2 apontam que após cerca de um ano do início dos estudos, os alunos dos grupos controle e simulação consideravam possuir menor conhecimento sobre o tema. Para o grupo experimentação a maioria declarou ter o mesmo grau de conhecimento.



De um modo geral, a percepção dos alunos de seu conhecimento sobre o tema em estudo correspondeu ao que foi apontado pelos outros instrumentos empregados nessa investigação. Mais adiante fica evidente que após um mês do início do estudo (respostas em ensino 1) as declarações dadas pelos alunos corroboram a sensação desses sobre o incremento de seus conhecimentos. Tal fato pode ser justificado pelo trabalho docente nesse período, uma vez que a única diferença no planejamento das aulas de todos os alunos foi a inserção de atividades diferenciadas para os grupos simulação e experimentação e, os resultados obtidos com os outros instrumentos não indicam que essas atividades tenham feito diferença significativa na aprendizagem nesse momento. Por outro lado, as respostas dadas no instrumento após cerca de um ano do início do estudo (ensino 2) apontam que os alunos dos grupos simulação e experimentação tinham a percepção de maior conhecimento do que observado com o grupo controle. Essa situação foi confirmada por alguns dos instrumentos da pesquisa. Nesse sentido, pode-se atribuir às atividades diferenciadas maior efetividade na aprendizagem dos alunos.

Como pode ser observado no anexo 5, nenhum aluno do grupo controle conseguiu justificar as suas respostas. Em ensino 1 foi identificada uma evolução nesse quadro, pois, observou-se que dois alunos deram justificativas adequadas. Em ensino 2, obteve-se o mesmo resultado. Sobre o grupo experimentação, inicialmente foi pontado que apenas um estudante apresentou justificativas válidas. Em ensino 2 observou-se um total de três alunos com justificativas adequadas. No instrumento ensino 1, quatro alunos justificaram corretamente. Para o grupo simulação, no instrumento pré-ensino foi detectado que as justificativas válidas correspondiam a apenas um aluno. Em ensino 2 houve uma evolução, pois, identificou-se que três alunos justificaram corretamente as suas respostas. Esse mesmo aproveitamento foi diagnosticado com o instrumento ensino 2.

Confrontando-se os resultados apontados por esse instrumento é possível perceber que o grupo experimentação saiu-se melhor que os demais. Nesse sentido o grupo simulação teve um rendimento um pouco mais discreto, mas, superior ao do grupo controle.

Os resultados indicados pelo anexo 6 apontam que inicialmente todos os estudantes do grupo controle elaboraram mapas conceituais do tipo intermediário. Em ensino 1 observou-se uma evolução nesse grupo porque todos completaram o mapa conceitual de maneira satisfatória. Em ensino 2, a evolução não se confirmou haja visto que nesse momento todos os estudantes apresentaram mapas conceituais tidos como intermediários. Para o grupo experimentação foi apontado que, inicialmente quatro alunos elaboraram mapas insatisfatórios e apenas um estudante apresentou um mapa do tipo intermediário. Em ensino 2 foi identificada uma evolução significativa, pois, três estudantes apresentaram mapas intermediários e dois mapas do tipo satisfatório. Tal aproveitamento foi confirmado após um ano do início do estudo (instrumento ensino 2). Sobre o grupo simulação, inicialmente foi identificado que três estudantes esboçaram mapas do tipo insatisfatório e dois alunos, mapas intermediários. Em ensino 2 observou-se um crescimento importante na qualidade dos mapas conceituais porque nesse momento foram identificados para esse grupo, 4 mapas tidos como satisfatórios e um mapa do tipo intermediário. As respostas dadas no

instrumento ensino 2 apontam para uma queda de rendimento desses estudantes, pois, do total de mapas, apenas um era satisfatório e quatro correspondiam aos considerados como do tipo intermediário.

De um modo geral, nesse instrumento, mais uma vez o grupo experimental saiu-se melhor porque após um ano, esse foi o grupo com maior número de mapas aceitáveis, seguido pelo grupo simulação e depois, o grupo controle. Vale ressaltar que esse aproveitamento já havia sido indicado pelo instrumento 2.

Sobre o instrumento 4, as respostas dadas pelos alunos e indicadas no anexo 7 em pré-ensino, apontam que de um modo geral todos os grupos apresentaram aproveitamento insatisfatório. Em ensino 1 observou-se que o grupo controle evoluiu discretamente, pois agora, apenas um aluno apresentou desempenho considerado como satisfatório. Em ensino 2 todos os alunos tiveram aproveitamento tido como insatisfatório. O grupo experimentação apresentou evolução significativa em pós1 porque três alunos apresentaram desempenho intermediário e dois, satisfatório. No instrumento ensino 2 quatro alunos saíram-se de maneira intermediária e um satisfatoriamente. Para o grupo simulação identificou-se em ensino 1 um resultado bem heterogêneo, sendo que dois alunos com rendimento intermediário, dois com aproveitamento tido como satisfatório e um insatisfatório. As declarações dadas no instrumento ensino 2 indicam que não houve alteração no aproveitamento diagnosticado em ensino 1.

A análise das respostas dos alunos dos três grupos aponta que, sem dúvida, esse foi o instrumento que ofereceu maior grau de dificuldade para os estudantes. Ao final de um ano é possível determinar que os grupos experimentação e simulação apresentaram um desempenho semelhante e que o grupo controle obteve aproveitamento muito inferior aos demais. Tal discrepância, não foi identificada nos demais instrumentos. Nesse sentido, é possível inferir que as atividades diferenciadas favoreceram maior aprendizagem nas atividades mais difíceis. Essa análise não pode ser aplicada quando se enfoca a evolução da aprendizagem dos alunos após um mês do início do estudo. Nesta perspectiva, fica claro que em um curto período de tempo, parece que as atividades diferenciadas não fizeram muita diferença no aproveitamento dos alunos.

De forma geral, constataram-se em sala de aula que a simulação contribuiu para uma melhor compreensão dos alunos de conceitos como transferência de elétrons, oxidação e redução. As simulações utilizadas tratavam com ênfase estes conceitos. Um dos simuladores utilizado apresentava várias soluções de diferentes sais nas quais eram mergulhadas diferentes placas metálicas, de cobre, de prata, de zinco etc. Isto pode ter contribuído para que os alunos compreendessem porque certos cátions oxidam alguns metais e outros não. Outro simulador mostrava em escala macroscópica o processo de transferência de elétrons. Ficava evidente que os elétrons saíam da placa de zinco (pólo -), passavam pelo circuito e chegavam à placa de cobre (pólo +). De fato, as simulações favorecem a visualização dos fenômenos no nível particulado, o que não é possível com as atividades experimentais. Nessas últimas é preciso que o aluno faça abstrações para compreender o fenômeno estudado. Tal fato, é mais um

indício de que a experimentação e a simulação são recursos pedagógicos que podem se complementar.

Os alunos do grupo que realizaram a atividade experimental demonstraram melhor compreensão em conceitos como diferença de potencial da pilha e cálculos de ddp. Isto pode ter ocorrido porque os alunos do grupo experimental tiveram contato direto com uma pilha de Daniell. O processo de construção da pilha feito pelos alunos gerou questionamentos, de tal maneira que o docente pôde fazer maior problematização que as feitas com os estudantes dos outros grupos. Por exemplo, em um dado momento, os alunos inverteram a polaridade da pilha, fazendo com que o multímetro utilizado para medir a ddp da pilha acusasse um valor negativo. Isto gerou um desconforto nos alunos e a busca para entender o ocorrido levou-os a compreender melhor o cálculo da tensão da pilha. Ficou evidente que os alunos desse grupo saíram-se um pouco melhor na resolução das tarefas propostas nos instrumentos. Nesse sentido, como argumentam Suart e Marcondes (2008) as atividades experimentais podem ser vistas como ponte cognitivas entre o aluno e o conceito estudado, além de favorecer a resolução de atividades maior demanda cognitiva.

### **Conclusões**

Apesar de aqui a experimentação investigativa parecer ser a atividade mais efetiva para a aprendizagem dos conceitos de eletroquímica, ficou claro que a combinação dessa última com as simulações, ser o caminho mais produtivo para o ensino de conceitos científicos que exigem maior grau de abstração. Tais resultados corroboram os achados de Mendes, Costa e Souza (2012). Assim, seria de bom senso que o docente ampliasse as possibilidades de recursos em suas aulas ao invés de limitar-se aquela que lhe parece mais produtiva.

As declarações e comportamentos observados nos alunos do grupo experimentação durante as aulas apontam que as atividades experimentais pareceram exercer sobre estes um fator motivacional mais impactante. Para o grupo simulação o uso do computador não foi tão motivante quanto se esperava. Talvez pelo fato de que, de um modo geral, o computador seja algo mais próximo da vida dos estudantes e assim sendo, não seria uma novidade que estimulasse o estudo. Nesta investigação foram obtidos dados que permitissem aprofundar essa questão, mas, resultados análogos podem ser identificados em outras pesquisas (Rosa, Dorneles e Silveira, 2013).

É preciso considerar que os avanços das tecnologias de informação e comunicação e a crescente facilidade para incorporar essas ferramentas nas aulas, precisa ser explorado pelo docente, contudo, observa-se que é comum os professores terem dificuldade com essas tecnologias (Melo, 2012). Nesta perspectiva, seria relevante que as licenciaturas incorporassem em seus currículos essa demanda e dessa forma, contribuíssem para a superação deste obstáculo. Ainda nessa linha, se faz imprescindível que os cursos de formação continuada também subsidiassem os professores na superação de tais dificuldades.

Aqui a investigação limitou-se a focar a simulação por computadores mas, sabe-se que as tecnologias de informação e comunicação podem

oferecer outros recursos tais como, blogs, ambientes virtuais de aprendizagem e programas de modelagem. A inserção dessas ferramentas nas aulas de Química passa por dois estágios, o primeiro seria a incorporação das tecnologias na prática docente de maneira fundamentada e crítica e a segunda, a disponibilização de recursos para que o professor possa inserir esses recursos em seu ensino. Caso contrário, ter-se-ia a repetição do quadro desestimulante enfrentado há décadas pelo corpo docente em relação as atividades experimentais, caracterizado pela falta de recursos materiais e de espaços adequados para a realização de experimentos.

Os resultados apresentados neste trabalho apontam que de fato, as inserções de atividades diferenciadas nas aulas de Química favorecem a aprendizagem dos alunos. Sabe-se que o docente em sua rotina enfrenta uma série de obstáculos que dificultam a proposição de tais atividades. Nesse sentido, é preciso reconhecer que quando o professor tenta desenvolver aulas que não se limitam ao famoso jargão "giz e lousa" enfrenta desafios que vão desde a falta de recursos físicos até mesmo as limitações de sua formação. Tal fato, engrandece ainda mais os esforços daqueles professores que não se limitam às aulas expositivas e buscam estratégias para ampliar a aprendizagem de seus alunos. Vale ressaltar que, felizmente ainda existem muitos docentes em nas escolas públicas com esse perfil.

### Referências bibliográficas

Barberá, O. e Valdés, P. (1996). El trabajo práctico em la enseñanza de las Ciências: Uma revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(14), 365-379.

Bianchini, T.B e Zuliani, S. R. Q. A. (2010). Utilizando a Metodologia Investigativa para diminuir as distâncias entre os alunos e a Eletroquímica. *Anais XV Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQ*, 15. Recuperado de <http://www.xveneq2010.unb.br/resumos/R0374-1.pdf> .

Braathen, P. C. (2000). Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio do ar. *Revista Química Nova na Escola*, 12, 43-45. Recuperado de <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a10.pdf> .

Caramel, N. J. C e Pacca, J. L. (2011). Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 7-26.

Dallacosta, A., Fernandes, A. M. R., Bastos, R. C. (1998). Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de Química relativo à tabela periódica. *IV Congresso RIBIE*, Brasília. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/253527276\\_DESENVOLVIMENTO\\_DE\\_UM\\_SOFTWARE\\_EDUCACIONAL\\_PARA\\_O\\_ENSINO\\_DE\\_QUIMICA\\_RELATIVO\\_A\\_TABELA\\_PERIODICA](https://www.researchgate.net/publication/253527276_DESENVOLVIMENTO_DE_UM_SOFTWARE_EDUCACIONAL_PARA_O_ENSINO_DE_QUIMICA_RELATIVO_A_TABELA_PERIODICA) .

Delizoicov, D., Angotti, J. A. e Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.

Ferreira, L. H., Hartwig, D. R. e Oliveira, R. C. (2010). Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. *Revista Química Nova na Escola*, 32(2),101-106. Recuperado de [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32\\_2/08-PE-5207.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf) .

Fragal, V. H., Maeda, S. M., Palma, E. P., Buzatto, M, B, P., Rodrigues, M. A. e Silva, E. L. (2011). Uma proposta alternativa para o ensino de eletroquímica sobre a reatividade de metais. *Revista Química Nova na Escola*, 33(4), 101-106. Recuperado de [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32\\_2/08-PE-5207.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf) .

Guimarães, A. A. (2010). O professor construtivista: desafios de um sujeito que aprende. *Nuances: estudos sobre Educação*, 1(1). Recuperado de <http://www.unicamp.br/iel/memoria/projetos/ensaios/ensaio38.html>.

Gonçalves, F. P. e Galiazzi, M. C. (2004). A natureza das atividades experimentais no ensino de Ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de Licenciatura. Em R. Moraes e R. Mancuso, *Educação em Ciências- Produção de Currículos e Formação de Professores* (pp. 237-252). Ijuí: Unijuí.

Giordan, M. (1999). O papel da experimentação no ensino de Ciências. *Revista Química Nova da Escola*, 10, 43-49. Recuperado de <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf> .

Gracindo, H. B. R. e Fireman, E. C. (2010). Laboratório de informática, os objetos digitais de Aprendizagem e a visão do professor. *Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais*, 4, 72-85. Recuperado de <http://www.seer.ufs.br/index.php/edapeci/article/view/578/482> .

Hodson, D. (1988). Experimentos em Ciências e Ensino de Ciências. *Educational Philosophy and Theory*, 20, 53–66.

Hodson, D. (1994). Hacia um Enfoque más Crítico del Trabajo de Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21370/93326> .

Lima, J. O. G. (2012). Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico*, 12(136), 95-101. Recuperado de <http://eduem.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/15092/9741> .

Lima, J. O. G e Leite, L. R. (2012). O processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química: o caso das escolas do ensino médio de Crateús/Ceará/Brasil. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 7(7), 72-85. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273325045007> .

Lima, V. A. e Marcondes e M. E. R. (2005). Atividades experimentais no ensino de química. Reflexões de um grupo de professores a partir do tema Eletroquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, extra, 1-4. Recuperado de [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAp291at\\_iexp.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp291at_iexp.pdf) .

Matos, L. A. C., Takata, N. H. e Banczec, E. P. (2013). A Gota Salina de Evans: Um Experimento Investigativo, Construtivo e Interdisciplinar. *Revista Química Nova na Escola*, 35(4), 237-242. Recuperado de [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_4/04-EA-191-12.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_4/04-EA-191-12.pdf) .

Melo, G. C. V. (2012). O uso das TIC no trabalho de professores universitários de língua inglesa. *Rev. bras. linguist. apl.*, 12(1), 93-118. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbla/v12n1/a06v12n1.pdf> .

Mendes, J. F., Costa, I. F. e Sousa, C. M. S. G. (2012). O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(1), 2402. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n2/v34n2a11.pdf> .

Moreira, M. A. (1980). Mapas Conceituais como Instrumentos para Promover a Diferenciação Conceitual Progressiva e a Reconciliação Integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4), 474-479.

Novak, J. D. (2010). Learning, Creating and using Knowledge: concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Societ*, 6(3), 21-30. Recuperado de <http://rodallrich.com/advphysiology/ausubel.pdf> .

Oliveira, S. F. (2013). Softwares de simulação no ensino de atomística: Experiências computacionais para evidenciar micromundos. *Revista Química Nova na Escola*, 35(3), 147-151. Recuperado de [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_3/02-EQM-29-12.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_3/02-EQM-29-12.pdf) .

Peixoto, M. A. P., Brandão, M. A. G. B. e Santos, G. (2007). Metacognição e Tecnologia Educacional Simbólica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, Rio de Janeiro, 31(1), 67-80. Recuperado de <http://www.scielo.org/pdf/rbem/v31n1/10.pdf> .

Ponticelli, F. A., Zucolotto, A. M. e Beluco, A. (2013). A experimentação na construção de conceitos em físico-química. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC*. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1435-1.pdf> .

Reginaldo, C. C., Sheid, N. J. e Güllich, R., I. C. (2012). O ensino de Ciências e a experimentação. *IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul – IX ANPED Sul*. Recuperado de <http://www.uces.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2782/286> .

Rosa, R. S., Dorneles, P. F. T. e Silveira, F. L. (2013). Opinião dos alunos usuários de uma unidade didática sobre a relação newtoniana entre força e movimento. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP*. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0978-1.pdf> .

Rosito, B. A. (2003). O ensino de ciências e a experimentação. Em R. Moraes (Org.), *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas* (pp. 195-208). Porto Alegre: EDIPUCRG.

Santos, F. M. T e Greca, I. (2005). Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-25. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART7\\_Vol4\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART7_Vol4_N1.pdf) .

Silva, D. C., Ferreira, P. G. S e Souza, A. S. (2014). Proposta de atividade experimental com material alternativo envolvendo processos de oxirredução para alunos de ensino médio. *V Encontro Nacional das Licenciaturas – ENALIC, Rio Grande do Norte*. Recuperado de <http://enalic2014.com.br/anais/anexos/5047.pdf> .

Silva, S. M. e Serra, H. (2013). Investigação sobre atividades experimentais de conhecimento físico nas séries iniciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 9-23. Recuperado de <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/252> .

Silveira, L. F., Nunes, P., e Soares, A. C. (2013). Simulações virtuais em química. *Revista de Educação, Ciência e Cultura*, 18(2), 131-148. Recuperado de <http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Educacao/article/view/955/1025>

Silva, L. H. A e Zanon, L. B. (2000). Experimentação no ensino de ciências. Em R. P. Schnetzer e R. M. R. Aragão (Orgs.), *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens* (pp. 120-153). Campinas: V Gráfica.

Silva Junior, J. N., Lima, M. A. S., Sousa E. H. S., Alexandre, F. S. O. e Leite Junior, A. J. (2014). KinChem: A Computational Resource for Teaching and Learning Chemical Kinetics. *Journal of Chemical Education*, 4(91), 2203–2205. Recuperado de <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed500433c> .

Suart, R. C e Marcondes, M. E. R. (2008). As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2). Recuperado de <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/53/46> .

Tao, P-K e Gunstone, R. F. (1999). The Process of Conceptual Change in Force and Motion during Computer-Supported Physics Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 859-882. Recuperado de [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199909\)36:7%3C859::AID-TEA7%3E3.0.CO;2-J/pdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-2736(199909)36:7%3C859::AID-TEA7%3E3.0.CO;2-J/pdf) .

Tavares, R. (2008). Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Ciências & Cognição*, 13(2), 99-108. Recuperado de <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/222/121> .

Tüysüs, C. (2010). The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1), 37-53. Recuperado de [http://www.iojes.net/userfiles/article/iojes\\_167.pdf](http://www.iojes.net/userfiles/article/iojes_167.pdf) .

Wu, Ksin-Kai., Krajcik, J.S. e Soloway, E. (2001) Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842. Recuperado de [https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/34515/1033\\_ft.pdf](https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/34515/1033_ft.pdf) .



Anexo 1

1- Dados os seguintes potenciais de redução:

- a)  $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$   $E^\circ = -0,76V$
- b)  $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$   $E^\circ = -0,44V$
- c)  $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$   $E^\circ = -0,23V$
- d)  $Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$   $E^\circ = -0,13V$
- e)  $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$   $E^\circ = +0,34V$
- f)  $Ag^{2+} + 2e^- \rightarrow Ag_{(s)}$   $E^\circ = +0,80V$

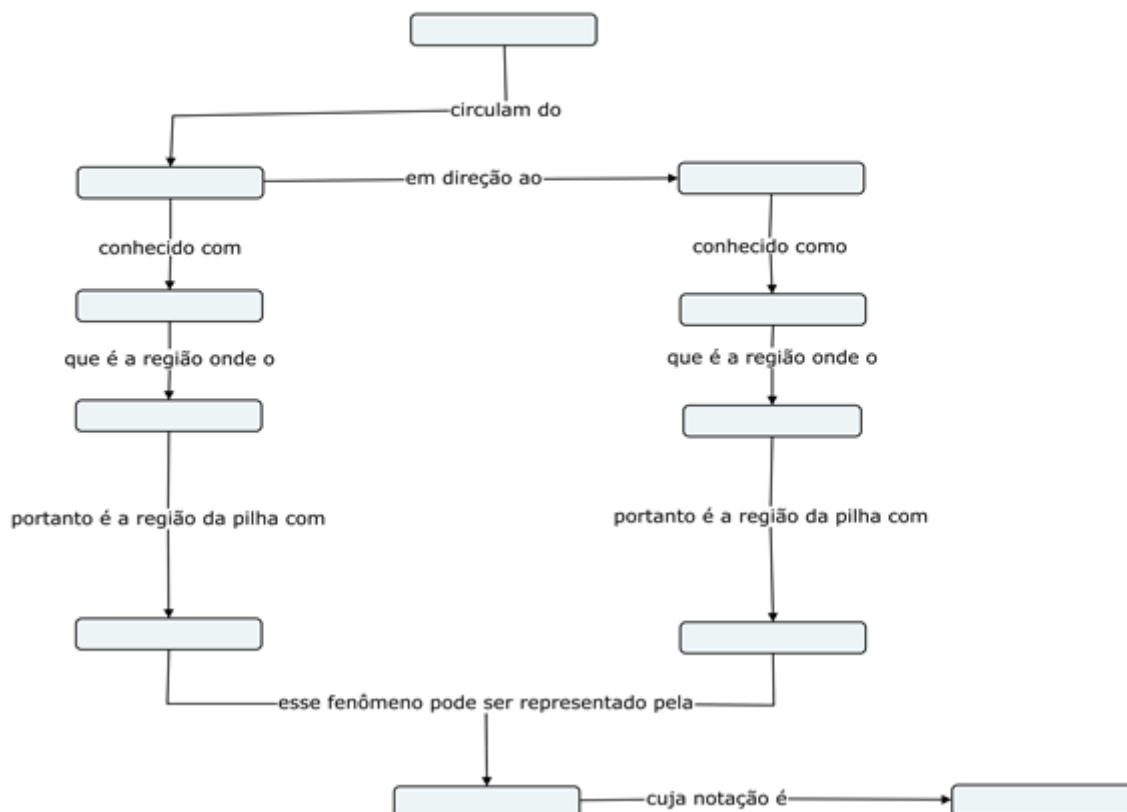
Escolha entre as pilhas relacionadas aquela com maior produção de corrente elétrica:

- a) Zn e Pb
- b) Cu e Ag
- c) Ni e Cu
- d) Zn e Cu

Justifique sua resposta

Anexo 2

Complete o mapa respondendo a seguinte pergunta: Como funciona a pilha de Daniell Zn// Cu?  
 Para completar o mapa utilize os conceitos apresentados a seguir:  
 Ânodo, Cátodo, Elétrons, Equação Global, Menor potencial de redução,  
 Maior potencial de redução, Cu sofre redução, Zn sofre oxidação,  
 Pólo +, Pólo -,  $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$





### Anexo 3

Questão 1 – Pode-se afirmar que uma pilha é:

- Um conversor de corrente elétrica em energia química.
- Uma célula galvânica na qual ocorrem reações químicas que produzem corrente elétrica.
- Uma célula galvânica na qual a energia elétrica provoca reações químicas.
- Um gerador de corrente elétrica que funciona somente em meio ácido.
- Uma ponte salina entre as soluções.

Questão 2 – a corrosão eletroquímica opera como uma pilha. Ocorre a transferência de elétrons, quando dois metais de diferentes potenciais são colocados em contato. Considere uma lata de aço revestida com estanho: se a camada de estanho for riscada ou perfurada, o ferro funciona como ânodo e o estanho como cátodo, o que acelera a corrosão. Isso acontece por que:

- O Fe tem maior capacidade de ganhar elétrons.
- O Fe tem menor potencial de redução que o Sn.
- O Sn PE um agente redutor.
- O Fe tem maior potencial de redução que o Sn.
- O Sn tem maior capacidade de doar elétrons.

Questão 3 – sobre as pilhas eletrolíticas são feitas as afirmações:

- Transformam energia química em energia elétrica
- Cada meia célula é formada por um metal mergulhado em uma solução de um de seus sais.
- O contato entre duas meias células é feito por uma membrana porosa (semipermeável); ou por uma ponte salina.
- No ânodo (pólo positivo), ocorre redução e no cátodo (pólo negativo), ocorre oxidação.

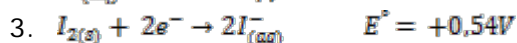
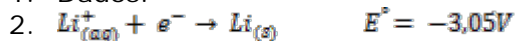
Sobre as afirmações, estão erradas:

- Todas.
- Nenhuma
- Apenas I e II.
- Apenas IV.
- Apenas II, III e IV.

Questão 4 – Marca-passo é um dispositivo de emergência para estimular o coração. A pilha utilizada nesse dispositivo é constituída por eletrodos de lítio e iodo. A partir dos valores dos potenciais de redução padrão, afirma-se:

- O fluxo de elétrons da pilha irá do lítio para o iodo, pois o lítio tem menor potencial de redução.
- A semirreação de oxidação pode ser representada pela equação  $2Li^+ + 2e^- \rightarrow 2Li$
- A diferença de potencial da pilha é de -3,05V.
- O iodo, por ter maior potencial de redução que o Li, tende a sofrer redução, formando o pólo positivo da pilha.

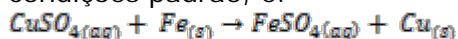
1. Dados:



4. Quanto a essas afirmações, deve-se dizer que apenas:

- I, II e III são verdadeiras.
- I, II e IV são verdadeiras.
- I e III são verdadeiras.
- II é verdadeira.
- I e IV são verdadeiras.

Questão 5 – a reação espontânea que ocorre numa célula eletroquímica, nas condições padrão, é:



Essa reação indica que:

- O eletrodo  $\text{Fe}_{(\text{s})}/\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$  é cátodo da célula.
- O eletrodo  $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+}/\text{Cu}_{(\text{s})}$  é o ânodo da célula.
- O metal ferro é oxidado
- O  $\text{CuSO}_4$  é o agente redutor.
- O metal cobre é reduzido.

Anexo 4

Em relação ao conhecimento sobre pilhas de Daniell, indique de 0 (nada) a 5 (muito) o seu grau de conhecimento sobre o assunto.			
Alunos	Pré-ensino	Ensino 1	Ensino 2
C1	0	3	1
C2	0	1	2
C3	0	2	2
C4	0	3	2
C5	0	2	1
E1	0	3	2
E2	0	3	3
E3	1	4	2
E4	0	4	4
E5	1	3	3
S1	0	4	2
S2	0	2	3
S3	0	4	3
S4	0	3	2
S5	2	4	3

Anexo 5

Escolha entre as pilhas relacionadas aquela com maior produção de corrente elétrica. Justifique a sua resposta.						
Aluno	Respondeu corretamente			Justificou adequadamente		
	Pré-ensino	Ensino 1	Ensino 2	Pré-ensino	Ensino 1	Ensino 2
C1	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
C2	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
C3	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
C4	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
C5	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
E1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
E2	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
E3	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
E4	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
E5	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
S1	Não	Não	Não	Não	Não	Não
S2	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
S3	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
S4	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
S5	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Anexo 6

Mapas conceituais elaborados pelos dos alunos (instrumento 3)			
Alunos	Pré-ensino	Ensino 1	Ensino 2
C1	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
C2	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
C3	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
C4	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
C5	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
E1	Insatisfatório	Intermediário	Intermediário
E2	Insatisfatório	Satisfatório	Intermediário
E3	Intermediário	Intermediário	Satisfatório
E4	Insatisfatório	Intermediário	Satisfatório
E5	Insatisfatório	Intermediário	Intermediário
S1	Insatisfatório	Intermediário	Intermediário
S2	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
S3	Intermediário	Satisfatório	Intermediário
S4	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório
S5	Insatisfatório	Satisfatório	Intermediário

Anexo 7

Respostas dos alunos no instrumento 4			
Alunos	Pré-ensino	Ensino 1	Ensino 2
C1	Insatisfatório	Satisfatório	Insatisfatório
C2	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório
C3	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório
C4	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório
C5	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório
E1	Insatisfatório	Intermediário	Intermediário
E2	Insatisfatório	Intermediário	Insatisfatório
E3	Insatisfatório	Satisfatório	Intermediário
E4	Insatisfatório	Satisfatório	Satisfatório
E5	Insatisfatório	Intermediário	Insatisfatório
S1	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório
S2	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
S3	Intermediário	Intermediário	Satisfatório
S4	Insatisfatório	Intermediário	Intermediário
S5	Insatisfatório	Satisfatório	Intermediário