
SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM PAUTADA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA ABORDAGEM DA TEMÁTICA GALVANOPLASTIA

*SEQUENCE OF TEACHING AND LEARNING BASED ON PROBLEMS SOLVING
TO APPROACH THEMATIC GALVANOPLASTY*

Rafael José dos Santos¹
Angela Fernandes Campos²

Resumo

Buscou-se neste estudo avaliar a contribuição de uma sequência didática construída com base na metodologia de ensino por resolução de problemas (RP) para o desenvolvimento de conceitos relacionados à galvanoplastia, considerados na literatura como de difícil compreensão pelos estudantes. A metodologia envolveu a elaboração de um problema, como ponto de partida para leitura, análise e levantamento de hipóteses dos estudantes, atividades articuladas ao problema proposto construídas a partir da busca e seleção de vídeos e simulações para facilitar a discussão dos conteúdos: números de oxidação; reações redox; fatores que aceleram a produção de ferrugem; tipos de galvanoplastia; relações da galvanoplastia com o cotidiano; entre outros. A sequência didática foi aplicada a trinta e quatro estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública. Os resultados mostraram que vários estudantes, distribuídos em duplas, conseguiram responder ao problema proposto considerando os três níveis do conhecimento químico, a saber: teórico, fenomenológico e representacional. Outras duplas responderam ao problema levando em conta pelo menos dois níveis do conhecimento químico, mas algumas duplas expressaram em suas respostas apenas um nível do conhecimento químico. O estudo destaca a necessidade do professor trabalhar com metodologias alternativas ao modelo de ensino tradicional e que podem contribuir para a participação ativa, o engajamento e protagonismo dos estudantes.

Palavras-chave: Resolução de Problemas; Galvanoplastia; Produto Educacional.

Abstract

This study aimed to evaluate the contribution of a didactic sequence based in the teaching methodology to problem solving (PR) for the development of concepts related to electroplating, considered in the literature as difficult for students to understand. The methodology involved the elaboration of a problem, as a starting point for reading, analyzing and raising the students' hypotheses, activities linked to the proposed

1 Mestre em Química pelo Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) e Professor do Instituto Federal de Pernambuco/IFPE – Campus Ipojuca.

2 Doutora em Química e Docente do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE.

problem built from the search and selection of videos and simulations to facilitate the discussion of the contents: oxidation numbers; redox reactions; factors that accelerate the production of rust; types of electroplating; relations between electroplating and everyday life; between others. The didactic sequence was applied to thirty-four second-year high school students at a public school. The results showed that several students, distributed in pairs, managed to answer the proposed problem considering the three levels of chemical knowledge, namely: theoretical, phenomenological and representational. Other pairs answered the problem by taking into account at least two levels of chemical knowledge, but some pairs only expressed in their answers only one level of chemical knowledge. The study highlights the need for teachers to work with alternative methodologies to the traditional teaching model that can contribute to the active participation, engagement and protagonism of students.

Keywords: Problem solving; Electroplating; Educational Product.

Introdução

Conforme Carabetta Júnior (2009), o ensino tradicional (transmissão-recepção) pode ser considerado como um dos modelos psicopedagógicos mais consolidados e antigos na prática docente, o que permite concluir que os professores, enquanto sujeitos ativos no processo de ensino e aprendizagem, acreditam que os conteúdos científicos devem ser “redigidos” nos estudantes (comparados como papel em branco, tábula rasa). De acordo com Justi e Ruas (1997), esse modelo de ensino tem sido verificado nas práticas pedagógicas dos professores de química, com ênfase na transmissão de informações descontextualizadas, sem articulação com outros conteúdos e com o dia-a-dia dos estudantes.

No entanto, o contexto educacional contemporâneo exige cada vez mais um professor capaz de suscitar nos estudantes experiências pedagógicas significativas, diversificadas e alinhadas com a sociedade na qual estão inseridos. Tal situação pressupõe a adoção no contexto escolar de um modelo de ensino centrado no estudante e que se distancia do modelo tradicional.

Os discursos curriculares oficiais no Brasil apontam como uma possibilidade, nesta direção, o desenvolvimento de estratégias centradas na resolução de problemas (RP) com o propósito de articular o conhecimento químico com a realidade natural, social e cultural e como forma de aproximar os estudantes de atividades de investigação científica no contexto escolar (BRASIL, 2002; 2006).

O ensino por RP tem sido reconhecido como uma metodologia inovadora, que possibilita o desenvolvimento de competências e habilidades diversas nos estudantes relacionados a conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Também, no ensino de química, representa uma tendência de pesquisa internacional e nacional com diferentes estudos envolvendo: revisão de literatura, formação de professores, proposição e aplicação de intervenções didáticas, desenvolvimento de currículos, dentre outros (GÓI; SANTOS, 2009, BATINGA, 2010, CAMPOS; FERNANDES, 2020). Ainda, há pesquisas que mostram experiências exitosas utilizando a RP na abordagem de conteúdos diversos nos diferentes ramos da Química: Geral e Inorgânica (SHULTZ; ZEMKE, 2019); Orgânica (CONSTANTINO; BARLOCCO, 2019), Analítica e Físico-Química (HICKS; BEVSEK, 2012).

Neste estudo foi considerado o conteúdo de eletroquímica com enfoque na galvanoplastia. De acordo com Barreto *et al.* (2017), o conteúdo de eletroquímica é considerado como uma barreira na aprendizagem de Química na Educação Básica, pois é uma temática que requer o entendimento dinâmico de partículas em nível atômico, além de representar um conteúdo que desafia os professores a estabelecerem relações com o mundo macroscópico dos alunos.

Segundo Sanjuan (2009) e Caramel e Pacca (2011), alguns professores não abordam a galvanoplastia nas unidades letivas em várias escolas, e, muitos que fazem, utilizam práticas ineficientes, resultando na deficiente aprendizagem dos estudantes acerca desse assunto. Dessa maneira, julgou-se pertinente explorar tal conteúdo no presente trabalho articulado a RP para que ele possa contribuir na aprendizagem da temática galvanoplastia no ensino médio.

Sob essa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo avaliar a contribuição de uma sequência didática construída com base no ensino por resolução de problemas para o desenvolvimento dos conceitos inerentes à galvanoplastia. A opção por estes conceitos se deu pelo fato de fazerem parte de um dos conteúdos do currículo do ensino médio e por serem, como destacado anteriormente, de difícil compreensão por parte dos estudantes (CAMEL; PACCA, 2011, BARRETO; BATISTA, 2017).

Aporte teórico

Galvanoplastia: alguns aspectos

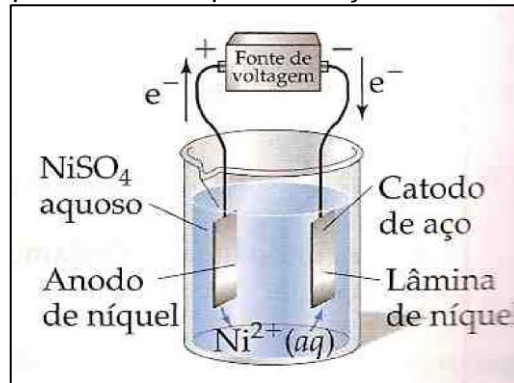
Para Buzzoni (1991), a galvanoplastia corresponde à deposição eletrolítica de uma película de metal sobre um objeto metálico e tem a finalidade de alterar as propriedades e dimensões superficiais do material que foi revestido. Romano (2006), ao apresentar os diversos propósitos da galvanoplastia, pontua que tal processo é amplamente realizado na indústria para dar acabamento em peças metálicas que necessitam de uma maior resistência à corrosão. De acordo com Pires *et al.* (2011), a galvanoplastia, além de conferir uma melhor resistência à corrosão ao material revestido, agrega diversas melhorias ao objeto, tais como: melhor condutividade elétrica, maior resistência ao atrito, e mais estabilidade frente ao aquecimento.

No processo de galvanoplastia, também conhecido como eletrodeposição, o objeto metálico a ser recoberto está localizado no cátodo de uma cuba eletrolítica e fica submerso em uma solução aquosa de um eletrólito que contém os íons do metal a serem eletrodepositados, enquanto o ânodo pode ser um eletrodo condutor inerte ou uma placa do metal a ser depositado. Esta placa sofre corrosão eletroquímica havendo migração dos cátions formados para a solução eletrolítica com posterior redução desses cátions na superfície do cátodo (ATKINS; JONES, 2012). Nessa perspectiva, conforme Burguess (1997), a galvanoplastia pode ser compreendida como uma técnica que emprega a eletrólise com eletrodos ativos, ou seja, os eletrodos também desempenham atividade fundamental nas reações redox do procedimento.

Uma ilustração do processo de galvanoplastia de uma placa de aço é apresentada por Brown, Lemay e Burstein (2005) na Figura 1. Neste exemplo, conhecido como niquelação, o cátodo da célula corresponde à placa de aço que foi recoberta pela lâmina de níquel, o ânodo da célula equivale à placa de níquel metálico, e a lâmina de níquel corresponde à cobertura desse metal que é formada sobre o aço durante o processo. Ambos os eletrodos estão inseridos em uma solução aquosa de sulfato de níquel e os fios condutores externos estão ligados ao gerador elétrico que fornecerá a voltagem necessária para a ocorrência do processo. As possíveis reações para ocorrência no ânodo desse dispositivo são a oxidação do níquel metálico, a própria placa do ânodo, e a oxidação da água da solução de NiSO_4 . Desconsidera-se a possibilidade de oxidação do íon $\text{Ni}^{+2}_{(\text{aq})}$ e do $\text{SO}_4^{-2}_{(\text{aq})}$, pois, nestes íons, tanto o

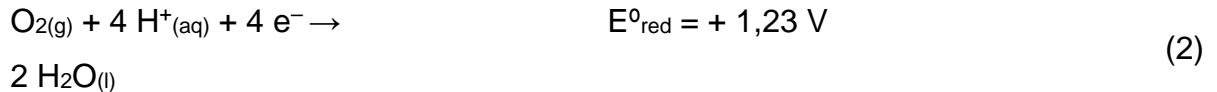
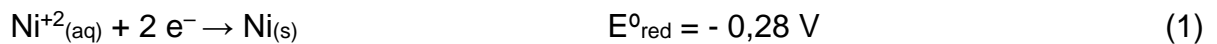
níquel quanto o enxofre já se encontram em seu máximo estado de oxidação, +2 e -6, respectivamente.

Figura 1: Galvanoplastia de uma placa de aço utilizando eletrodo de níquel.



Fonte: BROWN; LEWAT; BURSTEIN (2005).

Com bases nas seguintes equações e potencial padrão de redução:



Se conclui que ocorre no ânodo do dispositivo a oxidação do $\text{Ni}_{(\text{s})}$ a $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$, pois o valor do potencial padrão de redução do $\text{Ni}_{(\text{s})}$ é bastante inferior ao potencial padrão de redução do oxigênio. Dessa maneira, as reações que acontecem no cátodo e no ânodo do sistema ilustrado serão:



A reação global para este processo revela que aparentemente nada aconteceu, mas a eletrólise ocorrida neste procedimento permite transferir átomos de níquel da placa deste metal para a superfície da placa de aço localizada no cátodo, caracterizando assim o processo de galvanoplastia (BROWN; LEMAY; BURSTEIN, 2005).

Gentil (2007), ao apresentar as técnicas mais frequentemente utilizadas para aplicação de revestimentos metálicos anticorrosivos, destaca a importância da galvanoplastia devido à possibilidade de controlar a espessura da película metálica formada na superfície do cátodo e ao fato da quase inexistência de poros na estrutura do revestimento. De maneira complementar, Gentil (2007) aponta que os metais mais utilizados para a formação de películas protetoras são o ouro, a prata, o cobre, o níquel, o cádmio, o cromo e também o zinco.

A depender da sua composição, a solução presente nas cubas eletrolíticas empregadas no processo de galvanoplastia, chamada de banho galvânico, pode ser classificada como alcalina ou ácida. De acordo com Burguess (1997) a maioria dos banhos galvânicos considerados alcalinos utilizam sais de cianeto em sua preparação e geralmente são utilizados em galvanoplastias sobre cobre, prata, zinco, latão e bronze. Já os banhos classificados como ácidos são aplicados para a galvanoplastia em cromo, cobre, níquel e estanho. Segundo Lucena-Silva *et al.* (2016), os banhos eletrolíticos ácidos geralmente apresentam menores custos para a realização do procedimento, em contrapartida, os banhos alcalinos têm maior poder de cobertura e as películas protetoras produzidas são melhores.

Ainda conforme Lucena-Silva *et al.* (2016), o banho galvânico em um processo industrial de Galvanoplastia, além do composto solúvel do metal que deve ser depositado, deve possuir outras substâncias que contribuirão para o processo de maneiras distintas, tais como: aumentando a condutividade elétrica; ampliando o poder de cobertura; contribuindo para uma melhor morfologia da película formada e promovendo maior brilho do depósito sobre o objeto protegido.

Pelo exposto, o presente estudo fará uso dos conceitos concernentes à galvanoplastia, explorando na sequência didática tanto as condições e as necessidades de uso deste procedimento quanto às aplicações no cotidiano.

Metodologia de ensino por resolução de problemas

A metodologia de ensino por resolução de problemas (RP) possibilita desenvolver nos estudantes a capacidade de elaborar estratégias e habilidades, para que se possa adquirir instrumentos e conhecimentos capazes de desenvolver atitudes no contexto escolar, de maneira com que o estudante possa participar e cooperar em atividades humanas e sociais. Desta forma, concordamos com Pozo (1998), no

sentido que, estratégias didáticas baseadas em RP deveriam permear diversas áreas do currículo educacional.

Possibilitar o uso da metodologia de ensino por resolução de problemas dentro do âmbito escolar é garantir que a evolução e compreensão da concepção de problema se popularize, com o objetivo de ocasionar uma mudança comportamental nos alunos. Deste modo, a RP se torna fundamental pois, ao término do ciclo da Educação Básica, o aluno deve ser capaz de elaborar e desenvolver estratégias para reconhecer e resolver um problema, correlacionando naturalmente conhecimentos diversos atrelados às questões da vida cotidiana (POZO, 1998).

De acordo com Ribeiro (2010), a metodologia de ensino por resolução de problemas contribui para o desenvolvimento de uma aprendizagem colaborativa, onde os estudantes interagindo em grupos, buscam construir o conhecimento para a explicação de um enunciado de um problema que geralmente apresenta um contexto social inserido. A partir da utilização de problemas que exploram situações do dia-a-dia, pode-se incentivar a evolução do pensamento crítico e das capacidades de solução, adquirindo conceitos fundamentais para área de conhecimento abordada.

Assim, a metodologia de ensino por resolução de problemas tem como objetivos principais integrar e estruturar conhecimentos envoltos em problemas reais, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem autônoma e de trabalhos em grupos. Capaz de comportar um conjunto de soluções adequadas para a resolução do problema proposto, não se restringindo apenas a uma única solução, apresentando um grau de complexidade condizente com os conhecimentos prévios dos alunos (RIBEIRO, 2010).

Freitas (2017) sistematiza em seu estudo as etapas metodológicas que envolvem o processo educativo com resolução de problemas. Inicialmente, o professor constrói um enunciado que, em geral, deve estar: relacionado a um contexto real; ter a presença de um obstáculo; e ser motivador para o estudante. Em seguida, os estudantes são confrontados com o problema, antes dos conteúdos disciplinares serem explorados pelo professor. Eles apontam possíveis respostas (levantamento de hipóteses) para o problema tendo como base seus conhecimentos prévios. A etapa seguinte consiste na realização de atividades didáticas planejadas pelo professor que geralmente compreende: aulas expositivas dialogadas, utilização de diversos recursos educacionais como, vídeos, experimentos, simulações, materiais didáticos, pesquisa na internet, etc.

Os estudantes são solicitados a trabalharem em grupo durante todo o processo de resolução do problema. Também, são convidados a explicitarem a(s) solução(ões) encontrada(s) para o problema proposto. Finalmente, o professor sistematiza todas as informações fornecidas pelos estudantes e juntamente com eles avaliam o processo como um todo. Vale ressaltar que o professor tem um papel fundamental nesse processo. Ele precisa participar efetivamente do resgate das concepções prévias dos alunos, instigando-os a pensar sobre o problema, impulsionando-os a enfrentar o desafio de resolvê-lo e ultrapassar as dificuldades encontradas, auxiliando na elaboração e uso de estratégias para resolução (GÓI; SANTOS, 2009).

Sob esta perspectiva, nos pareceu relevante, pertinente e atual construir uma sequência didática segundo os pressupostos teórico-metodológicos relacionados a RP para abordagem da temática galvanoplastia com estudantes do segundo ano do ensino médio. A construção da sequência didática fundamentada na RP se constituiu como produto educacional no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI.

Encaminhamento metodológico

Participantes da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram 34 estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública distribuídos em 17 duplas. A escolha pela escola ocorreu devido aos seguintes motivos: (i) por oferecer aulas aos alunos em apenas um turno, disponibilizando o contraturno para que as atividades desta pesquisa fossem realizadas; (ii) pela facilidade de acesso e (iii) acolhimento da equipe gestora da instituição ao pedido de desenvolvimento deste estudo. Para formalizar a permissão para realização de algumas etapas desta pesquisa, foi entregue uma Carta de Apresentação ao gestor da instituição que foi assinada e autorizada a realização da pesquisa.

A escolha por estudantes do segundo ano do Ensino Médio se deu, pois, alunos, nesta fase, já vivenciaram na série anterior os tópicos envolvendo estrutura atômica, tabela periódica, número de oxidação e reações químicas, conteúdos considerados pré-requisitos para a inicialização no estudo em galvanoplastia. Nos dias que antecederam a realização da intervenção didática, foi realizada uma visita à

escola para que houvesse um primeiro contato com os estudantes com o intuito de explicá-los a finalidade da pesquisa, lançar o convite de participação e agendar os dias e horários dos encontros.

Uma sequência didática foi construída e articulada a um problema sobre galvanoplastia. A seguir é descrito o problema elaborado e aplicado como ponto de partida para leitura e discussão pelos estudantes. Também, as atividades que compuseram a sequência didática e os procedimentos de análise dos resultados obtidos após a intervenção didática.

Elaboração do Problema – ponto de partida para a RP

Segundo Pozo (1998), o problema constitui uma situação em que o indivíduo ou um grupo deseja resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido ou direto para solucioná-lo. Para uma questão ser considerada como um problema, precisa ser concebida como tal na medida em que não há disponível procedimentos automáticos que nos permita solucioná-los. Sob esta perspectiva, elaboramos o problema descrito a seguir, que constitui o ponto de partida para levantamento de hipóteses quanto ao processo de resolução. O enunciado traz de forma contextualizada conceitos eletroquímicos associados à galvanoplastia (Quadro 1).

Quadro 1: Enunciado do problema proposto.




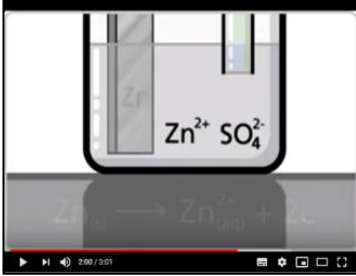

Uma equipe de mecânicos de uma loja de manutenção de bicicletas realizou, na orla da praia de Boa Viagem, uma campanha de conscientização dos usuários deste meio de transporte sobre o momento adequado para troca das correntes de transmissão. Na ocasião, os mecânicos presentearam alguns ciclistas com a substituição gratuita das correntes de suas bicicletas, por correntes que serão utilizadas por mais tempo até a próxima troca. Nesse contexto, responda: Como explicar o desgaste químico percebido nas correntes? Descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo.



Fonte: Própria.

Atividades didáticas que compuseram a sequência de ensino e aprendizagem

As atividades didáticas foram construídas com o objetivo de dar condições dos estudantes responderem ao problema proposto. Elas estão apresentadas no quadro 2.

Quadro 2: Atividades didáticas que compuseram a sequência de ensino e aprendizagem.

<p>Uso de um vídeo (Figura 2) com o objetivo de relacionar uma prática do cotidiano com o problema supracitado. Quatro questões foram construídas e constituíram orientações para abordagem do vídeo com os estudantes: Qual é o principal elemento químico que está presente na composição das bicicletas? Qual foi a justificativa dada pelo mecânico para a escolha da pista a beira mar como local adequado para gravar a matéria? Qual era o aspecto visual percebido nas correntes que foram substituídas? Como o mecânico justifica o fato das correntes entregues por ele serem melhor que as correntes que estavam nas bicicletas dos ciclistas?</p>	<p>Figura 2: Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada.</p>  <p>Fonte: Blitz e Pedaleria (2016).</p>
<p>O simulador “monte um átomo” do Phet Simulações Interativas (Figura 3) foi selecionado com o objetivo de trabalhar os conceitos de número de oxidação e reações redox. A atividade possibilitou a discussão sobre as regras para o cálculo de número de oxidação dos átomos em substâncias simples, substâncias compostas e íons.</p>	<p>Figura 3: Simulador monte um átomo.</p>  <p>Fonte: Phet Colorado (2019).</p>
<p>O vídeo com a imagem da Figura 4 possibilitou a discussão sobre a reação química que ocorre quando uma lâmina de zinco é mergulhada em uma solução de sulfato de cobre. A utilização deste vídeo teve por finalidade trabalhar os aspectos fenomenológicos da reação envolvida.</p>	<p>Figura 4: Deslocamento do cobre.</p>  <p>Fonte: Mohr (2016).</p>
<p>O vídeo (Figura 5) aborda de maneira ilustrada e narrada a reação química do deslocamento do cobre e também apresenta as equações químicas inerentes ao processo. Possibilitou a discussão acerca do conceito de potencial padrão de redução (E°) e sobre como estes potenciais são utilizados para a previsão da espontaneidade de uma reação redox.</p>	<p>Figura 5: Pilhas eletroquímicas.</p>  <p>Fonte: Alfamavídeos (2008).</p>
<p>O vídeo (Figura 6) proporcionou o levantamento das ideias dos estudantes sobre as possíveis estratégias para minimizar a ocorrência da ferrugem em materiais do dia-a-dia. Contribuiu para a discussão sobre processos de prevenção da ferrugem em eletrodomésticos e também explicou como a maresia influencia no processo de corrosão do ferro.</p>	<p>Figura 6: Redução dos efeitos da maresia.</p>  <p>Fonte: Rede Globo (2016).</p>

<p>O vídeo (Figura 7) possibilitou a identificação das reações redox não espontâneas e os diferentes tipos de proteção superficial contra a corrosão de um metal, quer seja quando o metal utilizado na superfície seja facilmente oxidado pelo ar, dando origem a uma camada de óxido protetora, quer seja quando o metal protetor seja de baixa reatividade com o meio ambiente ou atue como metal de sacrifício.</p>	<p>Figura 7: Cromeração, niquelação, estanhagem, zincagem.</p>  <p>Fonte: Rede Globo (2011b).</p>
<p>No tocante a galvanoplastia, propõe-se o uso do simulador Electrolysis, da Person Education, Figura 8, para a realização simulada de algumas galvanoplastias, tais como: zincagem, cobreamento e niquelação. A atividade proporcionou aos estudantes fazerem uso do computador a fim de realizar algum tipo de galvanoplastia fornecendo ao professor a possibilidade de agir sobre os erros dos alunos à medida que as escolhas das variáveis que compõe o arranjo do procedimento apresentem falhas.</p>	<p>Figura 8: Simulador Electrolysis.</p>  <p>Fonte: Pearson (2014).</p>

Fonte: Própria.

Análise das respostas dos estudantes ao problema após a vivência da sequência didática

Utilizou-se como critério de análise das respostas dos estudantes ao problema, após a intervenção didática, os três níveis do conhecimento químico, fenomenológico, teórico e representacional, (JOHNSTONE, 1982), (MORTIMER; MACHADO e ROMANELLI, 2000) e os estudos sobre galvanoplastia (CAMEL; PACCA, 2011; BARRETO, 2017; ALVES, 2018). As respostas foram adotadas como satisfatórias (RS) quando é apresentado os três níveis de conhecimento químico (Quadro 3); parcialmente satisfatórias (RPS) quando apresentavam apenas dois; e as respostas insatisfatórias (RI) foram aquelas que contemplaram um nível de conhecimento químico ou nenhum (SILVA, 2013 e FERREIRA *et al.*, 2016). No quadro 3 a seguir constam os critérios de análise das respostas dos estudantes referentes a pergunta 1. No quadro 4 a seguir constam os critérios de análise das respostas dos estudantes referentes a pergunta 2. Assim sendo, como dito anteriormente, a resposta foi considerada satisfatória (RS) se contemplou os três níveis de conhecimento químico; parcialmente satisfatória (RPS) se contemplou dois níveis de conhecimento; e insatisfatória (RI) se contemplou apenas um dos níveis indicados.

Quadro 3: Critérios de análise das respostas dos estudantes referentes a Pergunta 1: *como explicar o desgaste químico percebido nas correntes?*

Conhecimento químico	Resposta Satisfatória (RS)
Fenomenológico	Quando os estudantes citam a mudança de coloração do ferro ao enferrujar; a formação de buracos na superfície do ferro enferrujado; a ocorrência da ferrugem quando um objeto de ferro é deixado exposto ao ar e a umidade e também comentam sobre uma maior rapidez de enferrujamento em áreas litorâneas devido à maresia.
Teórico	Quando eles comentam que a ferrugem é formada por uma reação redox espontânea
Representacional	Quando há a escrita de equações químicas relacionadas à formação da ferrugem; a indicação das fórmulas das substâncias verificadas no processo; ou cálculos relacionados à diferença de potencial com finalidade de definir o processo de formação de ferrugem como espontâneo.

Fonte: Própria.

Quadro 4: Critérios de análise das respostas dos estudantes referentes a Pergunta 2: *descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo*

Conhecimento químico	Resposta Satisfatória (RS)
Fenomenológico	Quando os estudantes sugerem a produção de um revestimento metálico sobre a superfície das correntes das bicicletas; sendo possível complementar as respostas com comentários envolvendo a proteção exercida por um revestimento metálico sobre a superfície da corrente, ao impedir que ela entre em contato com o oxigênio e a umidade.
Teórico	As respostas estariam relacionadas a compreensão de que o processo eletroquímico adequado é uma galvanoplastia, com uma descrição sucinta do que se trata esse processo. Também é esperado a indicação da formação de óxidos que dão origem as camadas passivadoras, a depender do metal indicado por eles para o recobrimento da corrente da bicicleta.
Representacional	A partir da indicação das equações químicas; apresentação das fórmulas das substâncias envolvidas no processo ou uma reprodução coerente do aparato experimental necessário para realizar a galvanoplastia.

Fonte: Própria.

Resultados e Discussão

As respostas fornecidas pelas 17 duplas de alunos ao problema reapresentado ao final do último encontro da intervenção didática foram analisadas com o objetivo de identificar os três níveis do conhecimento propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000): fenomenológico, teórico e representacional. A análise das respostas à primeira pergunta do problema permitiu estruturar o Quadro 5, onde é possível verificar o perfil das respostas fornecidas por cada dupla.

Quadro 5: Categorização das repostas à primeira pergunta do problema.

Como explicar o desgaste químico percebido nas correntes?	
Categoria da Resposta	Duplas
Satisfatórias (RS)	02, 03, 06, 12 e 14
Parcialmente Satisfatórias (RPS)	04, 05, 07, 11, 13, 15, 16 e 17
Insatisfatórias (RI)	01, 08, 09 e 10

Fonte: Própria.

Conforme percebido no Quadro 5, todas as duplas responderam à primeira questão. Oito duplas responderam à primeira pergunta do problema mencionando pelo menos dois níveis do conhecimento químico. Quatro duplas apresentaram respostas insatisfatórias, ou seja, as respostas continham apenas um, ou nenhum, dos três níveis do conhecimento químico. Optou-se pela resposta produzida pela dupla 03, Figura 09, para representar o conjunto de duplas que responderam de modo satisfatório, ou seja, registraram em suas respostas os três níveis do conhecimento químico.

Figura 09: Resposta da dupla 03 à primeira pergunta do problema.

Os elementos que dão início ao processo de ferrugem e o desgaste das correntes são: $Fe + H_2O + O_2$, além disso, objetos de aço podem ter o seu processo de ferrugem acelerado se entrarem em contato com a maresia.

O processo de ferrugem é considerado espontâneo. Pois o ΔE é positivo.

$$\Delta E = +0,82 - (-0,44) = +0,82 + 0,44$$

$$\Delta E = +1,26V$$

Fonte: Própria.

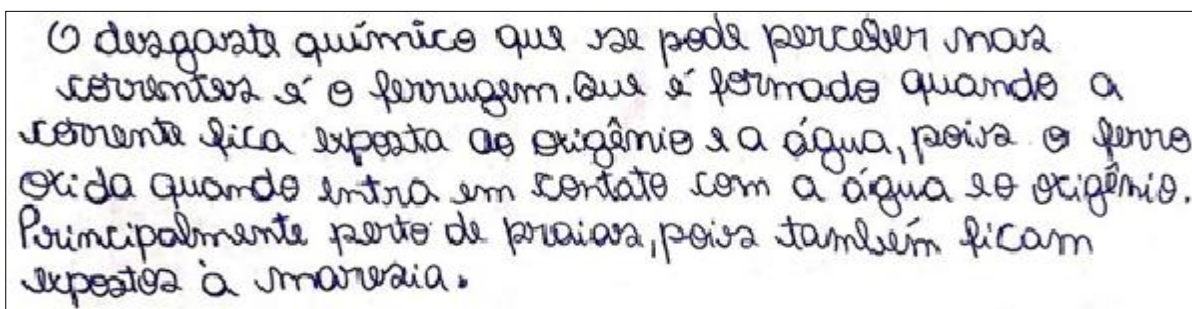
A leitura da resposta contida na Figura 09, pautada nos critérios de análise indicados pela metodologia adotada para o presente estudo, permite verificar que a dupla 03 evidenciou a aprendizagem em nível fenomenológico quando registrou os elementos (leia-se substâncias) participantes da formação da ferrugem e conseqüente desgaste da corrente: o ferro, a água e o gás oxigênio. Além disso, também pontuaram que o processo de formação de ferrugem pode ser acelerado na presença da maresia. Para estruturação dessa resposta, observa-se a influência dos recursos utilizados nas

intervenções didáticas, sobretudo de parte da discussão teórica realizada a partir dos vídeos: (i) Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada; (ii) Redução dos efeitos da maresia. Ainda sobre o conteúdo da Figura 09, verifica-se que houve compreensão em nível teórico ao identificar na resposta dos estudantes que a formação da ferrugem ocorre espontaneamente na presença das substâncias anteriormente indicadas.

Observa-se que a aprendizagem em nível teórico percebida na resposta da dupla 03 vem acompanhada de uma justificativa pautada no cálculo da diferença de potencial da reação redox inerente à formação da ferrugem. Conforme os critérios utilizados para análise dessa resposta, a utilização dos cálculos relacionados à diferença de potencial com finalidade de definir como espontâneo o processo de formação de ferrugem e a correta utilização das fórmulas químicas das substâncias envolvidas no processo, permite atribuir o reconhecimento de que também houve aprendizagem em nível representacional. Nessa direção, são constatadas novamente a influência das atividades desenvolvidas durante as intervenções didáticas, sobretudo do uso dos vídeos que nortearam grande parte do trabalho expositivo e dialogado referente à espontaneidade das reações redox.

Diante do que foi explorado, conforme os dados do Quadro 5, percebe-se que houve entendimento – em ao menos dois dos três níveis do conhecimento químico - pela maioria dos estudantes acerca do conteúdo químico explorado na primeira pergunta, pois 13 duplas (76,5% dos alunos participantes) apresentaram respostas classificadas entre parcialmente satisfatória e satisfatória. Dessa maneira, constata-se que a sequência de ensino e aprendizagem utilizada contribuiu de maneira bastante relevante no entendimento dos conteúdos relacionados a galvanoplastia. A Figura 10 mostra a resposta fornecida pela dupla 07, escolhida para representar as duplas que responderam de modo parcialmente satisfatório.

Figura 10: Resposta da Dupla 07 à primeira pergunta do problema.

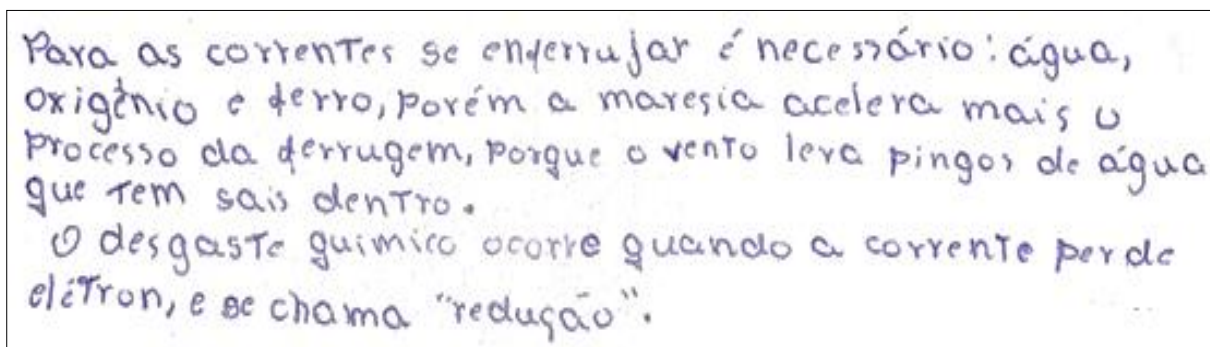


O desgaste químico que se pode perceber na corrente é a ferrugem, que é formada quando a corrente fica exposta ao oxigênio e a água, pois o ferro oxida quando entra em contato com a água e o oxigênio. Principalmente perto de praias, pois também ficam expostas à maresia.

Fonte: Própria.

Tomando como fundamentos os critérios descritos na metodologia adotada para a análise das respostas a esta primeira pergunta, constata-se a presença de indicadores que tornam a resposta satisfatória em nível fenomenológico ao se verificar que a dupla 07 citou as substâncias envolvidas no processo de formação da ferrugem e também pelo fato de apontarem a interferência da maresia para este processo. Além disso, pontuou-se de forma favorável a indicação da aprendizagem em nível teórico ao verificar que os alunos indicaram a ocorrência de uma reação de oxidação do ferro para a formação da ferrugem. Contudo, não se verificou nesta resposta algum indicativo que caracteriza a aprendizagem em nível representacional. A Figura 11 corresponde a resposta fornecida pela dupla 01 e foi escolhida para exemplificação das respostas enquadradas na categoria insatisfatória.

Figura 11: Resposta da dupla 01 à primeira pergunta do problema.



Para as correntes se enferrujar é necessário: água, oxigênio e ferro, porém a maresia acelera mais o processo da ferrugem, porque o vento leva pingos de água que tem sais dentro. O desgaste químico ocorre quando a corrente perde elétrons, e se chama "redução".

Fonte: Própria.

Com base na metodologia adotada para a análise das respostas ao problema, verifica-se que a dupla 1, ao citar as substâncias envolvidas na formação da ferrugem e também a influência da maresia para o processo, atende aos requisitos do aprendizado em nível fenomenológico. Entretanto, a dupla 01 falha ao tentar relatar sua compreensão a respeito da reação de perda de elétrons por parte da corrente (ferro) ao nomear erroneamente o processo como uma reação de redução, dessa maneira foi considerado que a dupla 01 não desenvolveu satisfatoriamente a aprendizagem em nível teórico. Conforme a metodologia adotada, não houve na resposta nenhum registro que tornasse evidente a aprendizagem em nível representacional.

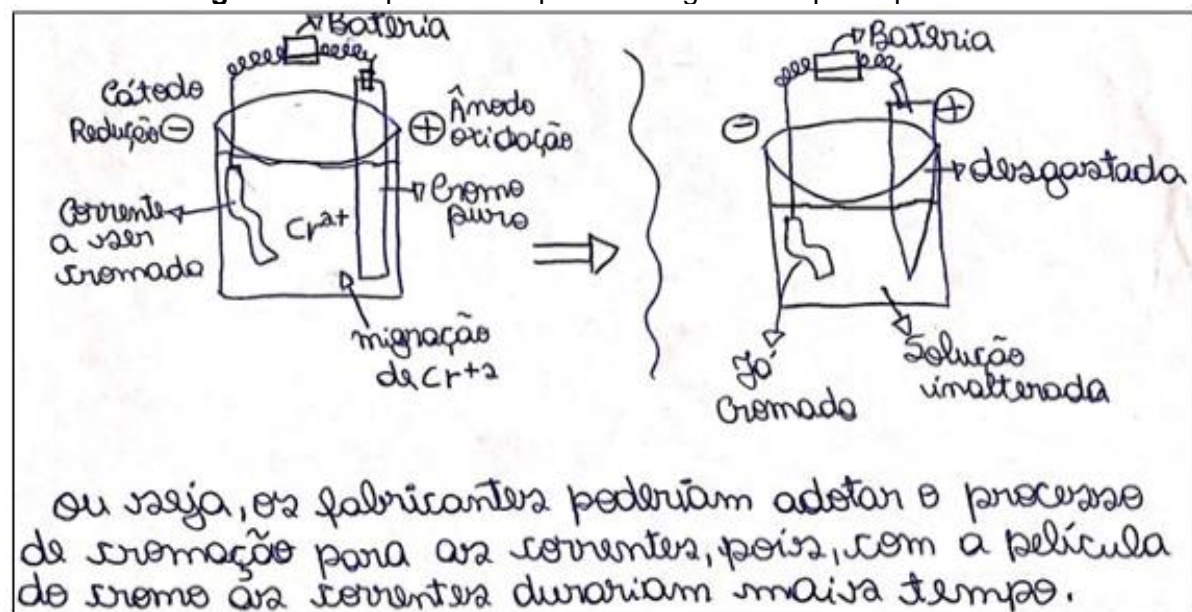
Dando continuidade à análise, as respostas fornecidas pelas duplas à segunda etapa da resolução do problema foram suficientes para a construção do Quadro 6.

Quadro 6: Categorização das repostas à segunda etapa do problema.

Descreva (com texto e desenhos) o possível procedimento eletroquímico que os fabricantes poderiam adotar para que os ciclistas possam utilizar as correntes por mais tempo.	
Categoria da Resposta	Duplas
Satisfatórias (RS)	02, 03, 06, 07, 08, 12 e 14
Parcialmente Satisfatórias (RPS)	05, 10, 11 e 13
Insatisfatórias (RI)	01, 04, 09, 15, 16 e 17

Fonte: Própria.

Verifica-se a partir do Quadro 6 que todas as duplas forneceram algum tipo de resposta à segunda parte do problema. Sete duplas apresentaram respostas satisfatórias, quatro duplas, respostas parcialmente satisfatórias, seis duplas, respostas insatisfatórias. Escolheu-se a resposta produzida pela dupla 12, Figura 12, para representar o grupo das duplas que responderam de modo satisfatório.

Figura 12: Resposta da dupla 12 à segunda etapa do problema.

Fonte: Própria.

A leitura da resposta contida na Figura 12, norteada pela metodologia considerada para esta análise, possibilita observar que a dupla 12 demonstrou entendimento em nível fenomenológico ao citar a cromação como processo adequado para proteção das correntes, proporcionando maior durabilidade. Tal observação é constatada a partir do seguinte trecho: “[...] Os fabricantes poderiam adotar o processo de cromação para as correntes, pois, com a película de cromo as correntes durariam mais tempo”.

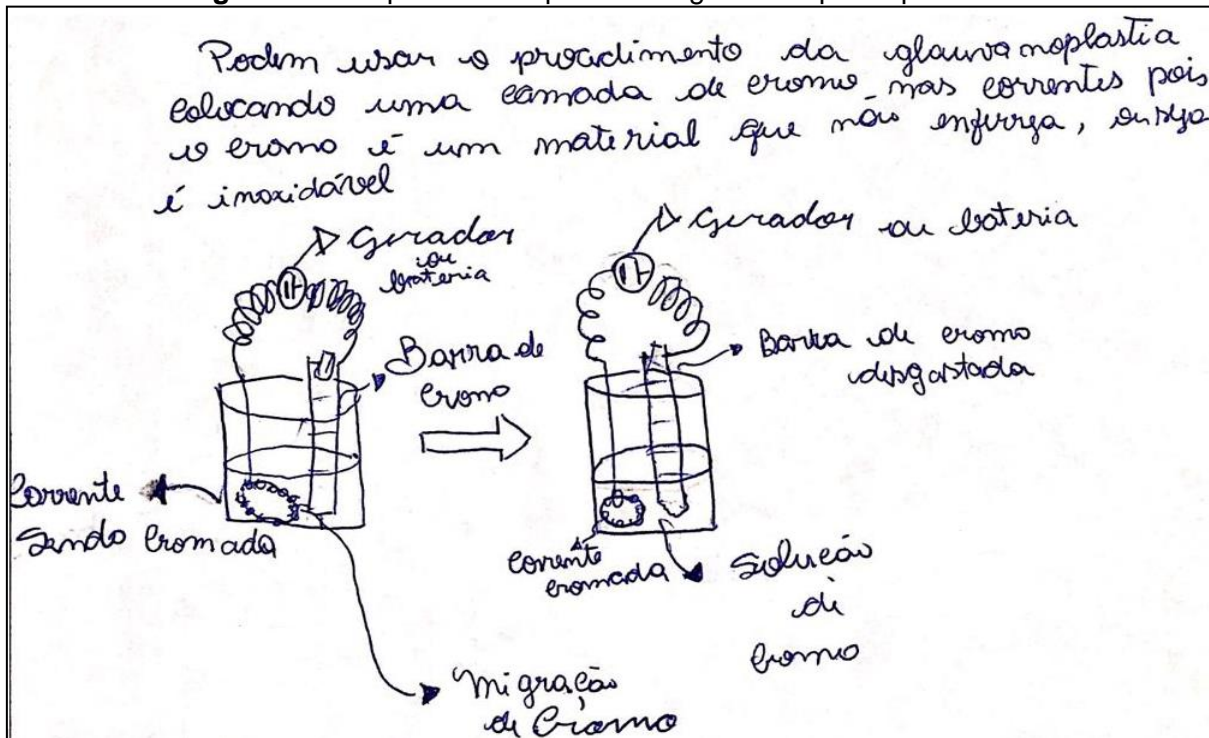
Para elaboração dessa resposta, verifica-se a contribuição do produto educacional utilizado nas intervenções didáticas, especialmente do vídeo Telecurso2000 - Aula 23/50 - Química - cromeação, niquelação, estanhagem, zincagem. Ainda sobre a Figura 12, foi constatado que ocorreu compreensão em nível teórico ao visualizar no desenho alusivo à galvanoplastia a riqueza de detalhes teóricos pertinentes ao procedimento, tais como: a correta relação entre os pólos e o nome das semi-reações que ocorrem em cada um deles, o conteúdo da solução da cuba eletrolítica, a indicação de que ocorre a migração do íon Cr^{+2} , a existência de uma bateria como fonte externa de energia e a condição do antes e do depois da placa de cromo. Nessa representação, verifica-se a influência direta dos seguintes recursos utilizados nas aulas dos três encontros da intervenção didática: (i) simulador monte um átomo, que contribuiu para compreensão do significado e estrutura dos íons; (ii) vídeo Telecurso2000 - Aula 23/50 - Química - cromeação, niquelação, estanhagem, zincagem; (iii) materiais impressos utilizados.

Com relação ao aspecto representacional, o fato de a resposta contemplar de maneira coerente o arranjo experimental necessário para a realização de uma galvanoplastia contribuiu para a identificação desse nível de entendimento, além de se constatar que os alunos se apropriaram das representações que dão sentido a cada componente da experimentação. Nessa direção, percebe-se a influência tanto dos momentos expositivos e dialogados que compõem a sequência de ensino e aprendizagem adotada para as intervenções e também dos recursos utilizados nos encontros, sobretudo o material impresso que orientou a terceira aula e o simulador Electrolysis, Figura 8, pois foi com esse simulador que os alunos puderam interagir/manipular as variáveis envolvidas no processo de eletrólise.

Analisando o Quadro 6, verifica-se que 11 duplas (64,7% dos estudantes) tiveram suas respostas enquadradas entre parcialmente satisfatórias e satisfatórias. Considera-se o desempenho dos alunos nesta segunda etapa do problema como bastante proveitoso, do ponto de vista da evolução do conhecimento químico acerca da temática galvanoplastia. Tal evolução no conhecimento químico dos estudantes relativos à galvanoplastia reforça a pertinência da sequência de ensino e aprendizagem estruturada para o presente trabalho que serviu como recurso mediador para a construção do conhecimento.

Com relação a categoria resposta parcialmente satisfatória, optou-se para ilustração a resposta da dupla 10 à segunda etapa do problema, Figura 13.

Figura 13: Resposta da Dupla 10 à segunda etapa do problema.



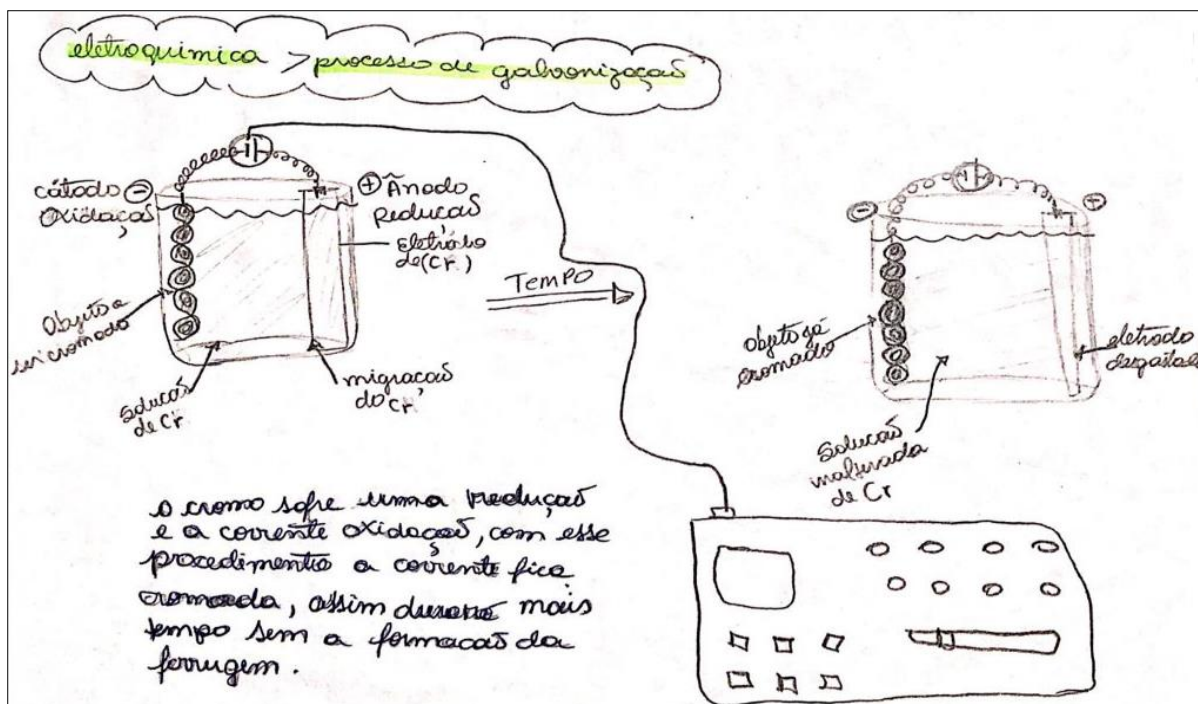
Fonte: Própria.

Observou-se que a dupla 10 conseguiu explicitar em sua resposta o desenvolvimento da aprendizagem em nível fenomenológico, pois indicaram a aplicação de uma camada de cromo sobre a corrente e ainda justificaram o fato utilizando o argumento de que o cromo não enferruja com o intuito de alegar que o cromo não sofre oxidação se comparado ao ferro que compõe o aço das correntes de bicicleta.

O fato de haver a indicação da galvanoplastia como procedimento eletroquímico a ser realizado pelos fabricantes, juntamente com o esboço figurado de tal procedimento, permitiu reconhecer que houve entendimento em nível teórico. Com relação ao aspecto representacional, apesar do esforço da dupla de reproduzir em detalhes o conhecimento relativo ao procedimento da galvanoplastia, verificou-se a ausência de informações consideradas importantes, tais como: a indicação dos pólos e as reações que devem acontecer em cada um deles, as fórmulas que representam as substâncias envolvidas e as equações químicas relativas ao processo.

A Figura 14 corresponde a resposta fornecida pela dupla 15 e foi escolhida para exemplificação das respostas enquadradas nessa categoria.

Figura 14: Resposta da Dupla 15 à segunda etapa do problema.



Fonte: Própria.

A análise da resposta da dupla 15, com base nos critérios já explicitados na metodologia empregada, permite identificar a demonstração do conhecimento químico em nível fenomenológico, pois é possível perceber que os alunos indicaram a formação de uma película de cromo (cromação) sobre a superfície da corrente da bicicleta com a finalidade de proporcionar um maior tempo de utilização do objeto sem a formação da ferrugem, o que fica evidente na leitura do trecho: “[...] assim durará mais tempo sem a formação da ferrugem.”

Considerou-se que a dupla 15 falhou na apresentação da aprendizagem em nível teórico ao registrar que o processo eletroquímico descrito pelos seus desenhos seria uma galvanização, estabeleceram uma relação incorreta quando tentaram indicar o tipo de semi-reação que ocorre em cada eletrodo do circuito da galvanoplastia e pontuaram incorretamente que ocorre oxidação da corrente posicionada no cátodo do circuito. No tocante a análise do conhecimento registrado em nível representacional, apesar do empenho dos alunos na tentativa de reproduzir com desenhos o aparato experimental utilizado para a galvanoplastia, houve uma inconsistência quanto ao uso de duas fontes de energia elétrica conectadas entre si para realização do procedimento.

Considerações finais

O processo de elaboração do enunciado do problema, a organização dos recursos para estruturar a sequência de ensino e aprendizagem, exigiu muito empenho, criatividade e pesquisa. Convém destacar que a escolha dos vídeos indicados demandou tempo e cuidado por parte dos autores para que apresentassem uma linguagem acessível aos estudantes do Ensino Médio e ao mesmo tempo não apresentassem respostas diretas ao problema, e assim não descaracterizasse a metodologia.

Vale ressaltar que o trabalho aqui proposto é passível de adaptações, em função do tempo, do público, dos equipamentos disponíveis, e outros aspectos. Também, é de fácil utilização e reprodutibilidade para professores de química que desejam trabalhar a temática galvanoplastia em suas aulas e que tenham interesse de utilizar uma metodologia que favoreça o protagonismo e a articulação do conhecimento químico com a realidade natural, social e cultural dos estudantes.

As informações que emergiram das respostas dos estudantes demonstraram a pertinente contribuição do problema elaborado e da sequência de ensino e aprendizagem construída e utilizada na intervenção didática, pois foi possível verificar nas respostas ao problema a influência de diversos recursos utilizados, tais como: os vídeos, os materiais impressos e os simuladores. Também, impactaram positivamente os participantes da pesquisa pelo fato de tê-los inseridos em uma experiência pedagógica que se distancia da metodologia de ensino por transmissão-recepção.

Os resultados mostraram que várias duplas de estudantes conseguiram responder ao problema proposto considerando os três níveis do conhecimento químico. Outras duplas responderam ao problema levando em conta pelo menos dois níveis do conhecimento químico, mas algumas duplas apenas expressaram em suas respostas apenas um nível do conhecimento químico.

Em meio ao dinamismo das informações e a imersão tecnológica em que está a sociedade, o “ser professor” torna-se cada vez mais indissociável do “ser pesquisador”, se faz necessário que o docente tenha a consciência de que precisa acompanhar e se apropriar dos modelos de ensino inovadores com o propósito de oferecer aos estudantes as ferramentas que possibilitam a construção do conhecimento considerando as demandas sociais, ambientais e tecnológicas.

Este estudo sugere o desenvolvimento e aplicação de processos inovadores no contexto escolar, como é o caso da metodologia de ensino por resolução de problemas que levem em consideração os três níveis do conhecimento químico e que proporcionem a mobilização dos estudantes nesta direção.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ALFAMAVIDEOS. **As Pilhas Eletroquímicas**. 2008. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6d-yN-PKCGI&t=117s>. Acesso em: 18 de mar. 2019.

ALVES, T. C. **“Por que enferrujou?”**: uma proposta investigativa para o ensino de reações de oxidação e redução. 2018. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Ensino na Educação Básica, São Mateus, 2018.

BARRETO, B. S. J; BATISTA, C. H; CRUZ, M. C. P. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p. 52-58, 2017.

BATISTA, A. P. **Uma análise da relação professor e o livro didático**. 2011, 65 f. Monografia (Graduação em Pedagogia). Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Volume 2. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília (DF): Secretaria de Educação Média e Tecnológica/ MEC, 2002.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEIN, B. E. **Química**: a ciência central. 9. ed. Toronto, CA: Pearson/Prentice Hall, 2005.

BURGYESS, W. A. **Identificação de possíveis danos à saúde dos trabalhadores nos diversos processos industriais**. Belo Horizonte: Ergo, 1997.

BUZZONI, H. A. **Galvanoplastia**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991.

BATINGA, V. T. S. A resolução de problemas nas aulas de química: concepções de professores de química do ensino médio sobre problema e exercício. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química – XV ENEQ, 2004, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: XV ENEQ, 2010.

CAMPOS, A. F.; FERNANDES, L. dos S. Tendências de pesquisas sobre aprendizagem baseada em problemas no periódico Journal of Chemical Education. *Pesquisa e Ensino*, 1, e202023, 1-24, 2020.

CARABETTA JÚNIOR, V. Rever, Pensar e (Re)significar: a importância da reflexão sobre a prática na profissão docente. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 4, p. 580-586, 2010.

CAMEL, N. J. C; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, n. 28, p. 7-26, 2011.

COSTANTINO, L.; BARLOCCO, D. Teaching an Undergraduate Organic Chemistry Laboratory Course with a Tailored Problem-Based Learning Approach. **Journal of Chemical Education**, 96, 5, 888-894. 2019.

FERREIRA, I. M.; FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F.; Abordagem de ligação metálica numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 93-107, 2016.

FREITAS, A. P. **Percepções de Professores de Química do Nível Médio acerca do Ensino por Resolução de Problemas por meio da Divulgação Científica de pesquisas desenvolvidas nesta direção**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2017.

HICKS, R. W.; BEVSEK, H. M. Utilizing Problem-Based Learning in Qualitative Analysis Lab Experiments. **Journal of Chemical Education**, 89, 2, 254-257, 2012.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JUSTI, R. da S.; RUAS, R. M. Aprendizagem de química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento? **Química Nova na Escola**, n. 5, p. 24-27, 1997.

LUCENA-SILVA, D.; CRUZ, P. S.; CHAVES, T. L. D.; VIANA, L. G.; VIEIRA, F. F. **Processo de Eletrólise em Banhos Galvânicos**. In: I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande. **Anais[...]**. 2016.

MOHR, R. **Deslocamento do cobre**. 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=y6zaqklbEHU>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. E ROMANELLI, L. I. A proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-281, 2000.

PhET. **Simulações Interativas para Ciência e Matemática**. Disponível em <http://phet.colorado.edu>. Acesso em 03 de março de 2019.

PEDALERIA - Blitz Pedaleria contra a corrente enferrujada (disponível em <https://bit.ly/2QznZcl>).

PEARSON. **Simulador Electrolysis**. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2x54xb6>. Acesso: 18 mar. 2019.

PIRES, A. M.; LANFREDI, S.; PALMIERI, M. C. **Energia elétrica e reações químicas**. Rede São Paulo de Formação Docente, São Paulo, módulo 4, disciplina 7, 2011.

POZO, J. I. (org). **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução: Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

GÓI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de Combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problema e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n.3, p. 203-209, ago. 2009.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

REDE GLOBO. **Como reduzir os efeitos da maresia**: algumas explicações sobre. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=957JQpcb070>. Acesso em: 18 mar. 2019.

REDE GLOBO. Telecurso2000. **Aula 23/50 - Química - Cromeração, Niquelação, Estanhagem, Zincagem**. 2011 b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wqggyiPaDAM>. Acesso: 18 mar. 2019.

ROMANO. C. **Gestão de segurança e saúde ocupacional em galvanoplastia**. 2006. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma Experiência no Ensino Superior. São Carlos: EdUFSCar, 2010, 151p.

SANJUAN, M. E. C *et al.* Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, n. 31, p. 190-197, 2009.

SILVA, V. A.; SOARES, M. H. F. B. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 209-219, 2013.

SHULTZ G. V.; ZEMKE, J. M., “I Wanna Just Google It and Find the Answer”: Student Information Searching in a Problem-Based Inorganic Chemistry Laboratory Experiment. **Journal of Chemical Education**, 96, 4, 618-628, 2019.

Recebido em: 16/09/2021

Aprovado em: 24/06/2023