

Um estado da arte sobre reações redox no contexto do ensino de química no Brasil

Heloísa Comelli Grahall¹, Carmen Fernandez², Keysy Solange Costa Nogueira^{3*}

¹Discente da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Licenciatura em Química, Blumenau, Santa Catarina, Brasil, ²Professora do Instituto de Química da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, São Paulo, São Paulo, Brasil,

³Professora da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Licenciatura em Química, Blumenau, Santa Catarina, Brasil. *keysy.nogueira@ufsc.br

Recebido em: 03/08/2021

Aceito em: 22/09/2021

Publicado em: 08/10/2021

RESUMO

Nesta pesquisa apresenta-se os resultados de uma investigação do tipo estado da arte, que analisou as pesquisas sobre o conteúdo de reações redox no contexto do Ensino de Química. Em consonância, realizou-se a busca por Teses e Dissertações (TDs) e artigos, no período de 2010 a 2019, no Portal de Periódico da Capes e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), por meio das palavras-chave: ensino de eletroquímica, ensino de reações redox, ensino de oxidação, ensino de redução, ensino de pilha e ensino de bateria, nos seguintes campos: título, resumo e palavras-chave. Foram catalogadas 41 pesquisas (11 artigo e 30 TDs). As principais estratégias de ensino adotadas nas investigações catalogadas foram as TICs e os experimentos. Os participantes dessas pesquisas eram estudantes do ensino médio e da graduação. As dificuldades conceituais foram diversas, destacando-se a definição de cátodo e ânodo, agente oxidante e redutor.

Palavras-chave: Dificuldades conceituais. Reações redox. Estado da arte.

A state of the art on redox reactions in the context of chemistry teaching in Brazil

ABSTRACT

This research presents the results state of the art investigation, which analyzed research on the content of redox reactions in the context of teaching chemistry. Accordingly, the search for theses and dissertations (TDs) and articles was carried out, from 2010 to 2019, on the Capes Journal Portal and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), using the keywords: teaching of electrochemistry, teaching of redox reactions, teaching of oxidation, teaching of reduction, teaching of batteries and teaching of batteries, in the following fields: title, summary and keywords. 41 surveys were cataloged (11 articles and 30 TDs). The main teaching strategies adopted in the cataloged investigations were ICTs and experiments. The participants in these surveys were high school and undergraduate student. The conceptual difficulties were diverse, highlighting the definition of cathode and anode, oxidizing and reducing agent.

Keywords: Learning difficulties. Redox reactions. State of the art.

INTRODUÇÃO

Pesquisas iniciadas na década de 80 que buscavam desvelar os conhecimentos inerentes à docência, influenciaram o entendimento do processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, compreende-se que para ensinar não basta dominar o conteúdo específico, é fundamental realizar a sua transformação por meio de conhecimentos pedagógicos (FERNANDEZ, 2015). Dentre os conhecimentos docentes propostos por Shulman destaca-se o PCK (do inglês, Pedagogical Content Knowledge - PCK), que permearia “[...] os tópicos mais regularmente ensinados em sua área de estudo, as formas mais úteis de representação dessas ideias, as analogias mais poderosas, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações” (SHULMAN, 1986, p. 9). Nesse sentido, no contexto da química as reações de oxirredução são consideradas um dos conteúdos mais difíceis de transformar pedagogicamente (ROLLNICK; MAVHUNGA, 2014; GOES; FERNANDEZ; EILKS, 2020).

As reações redox são simultâneas e caracterizadas pela perda (oxidação) e ganho de elétrons (redução). As dificuldades envolvendo o seu processo de ensino-aprendizagem têm levado diversos pesquisadores a investigarem as limitações de professores e discentes com esse conteúdo (DE JONG et al., 2002; SILVERSTEIN, 2011; BARKE et al., 2009). Em consonância, para Sanjuan e colaboradores (2009), os professores, por terem dificuldades em ensinar reações redox, deixam esse conteúdo para o final do ano letivo, prevendo que não será possível encaixá-lo no planejamento. Uma pesquisa proposta por Rollnick e Mavhunga (2014) para investigar o PCK de eletroquímica de professores de química experientes identificou que os participantes não compreendiam a neutralidade da célula eletroquímica.

Outra pesquisa investigou possíveis diferenças entre o PCK de professores em formação inicial e professores que atuavam nas escolas. Para coletar os dados os pesquisadores adotaram como instrumento um questionário e a entrevista semiestruturada. Nos resultados identificaram que os professores atuantes tinham um PCK para reações redox mais desenvolvido em relação aos futuros professores, pois não realizavam descrições de abordagens tradicionais de ensino e focadas no conteúdo. Além disso, identificou que a principal limitação dos estudantes com reações redox, na percepção dos participantes, relacionava-se a entender os termos agente oxidante e redutor e o equilíbrio das reações redox (GOES et al., 2020).

As pesquisadoras Nogueira, Goes e Fernandez (2017) realizaram uma revisão de literatura de redox envolvendo trabalhos apresentados em eventos científicos brasileiros. Nos resultados identificaram que a principal estratégia de ensino adotada para ensinar reações redox era a experimentação do tipo demonstrativa e a que envolvia a adoção de materiais alternativos.

Na literatura sugere-se que as dificuldades dos professores são semelhantes às dificuldades dos discentes (DE JONG et al., 1995). Em consonância, investigações que analisaram as dificuldades dos discentes sobre redox sugerem que as principais permeiam a linguagem empregada por professores que dificultam a sua aprendizagem, a identificação na reação química de quem se reduz e de quem se oxida, entre outros. Além disso, por não compreenderem o número de oxidação, comumente os estudantes o negligenciam em uma reação redox (NYACHWAYA et al., 2011). Em uma revisão sistemática envolvendo o ensino de reações redox em bancos de dados internacionais, as pesquisadoras identificaram que a principal estratégia de ensino adotada por professores era a experimentação e as dificuldades conceituais envolviam a definição de reações redox, compreensão do fluxo de elétrons, diferenciar íons, átomos, compostos iônicos e moléculas em uma reação redox, entre outros (GOES et al., 2020).

Outra investigação envolvendo reações redox identificou como tem sido desenvolvido esse conteúdo em sala de aula. Nesse sentido, suas pesquisadoras analisaram artigos publicados na Revista Química Nova de 1995 até o ano de 2014. Nos resultados as pesquisas sugerem poucas discussões conceituais sobre redox nos artigos analisados e esse conteúdo é abordado por uma variedade de experimentos (KLEIN; BRAIBANTE, 2017). Grande parte das pesquisas que envolvem as investigações sobre o ensino-aprendizagem de reações redox e, conseqüentemente, que buscaram identificar as dificuldades de professores e discentes, é descrita principalmente, em pesquisas internacionais.

De acordo com o exposto, esta pesquisa buscou catalogar e analisar teses, dissertações e artigos que permeiem o ensino-aprendizagem de reações de oxirredução para identificar as principais estratégias de ensino, as dificuldades conceituais, entre outros, que envolvem esse conteúdo no contexto brasileiro.

METODOLOGIA

Esta pesquisa figura como estado da arte. As pesquisas desse tipo possibilitam inventariar a produção acadêmica sobre um determinado tema por um período que pode levar o pesquisador a analisar como as investigações de seu interesse vêm sendo desenvolvidas, quais os principais referenciais teóricos e, principalmente, proporcionam um olhar sucinto e integrado do conhecimento sobre uma temática (FERREIRA, 2002; GOES; FERNANDEZ, 2018). As pesquisas foram catalogadas no período de 2010 a 2019, na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e no Portal de Periódicos da Capes. Nas buscas adotou-se as palavras-chave: ensino de eletroquímica, ensino de reações redox, ensino de oxidação, ensino de redução, ensino de pilha e ensino de bateria. Essas palavras-chave foram identificadas nos campos: título, resumo ou palavras-chave. Ressalta-se que no Portal de Periódicos da Capes a busca foi realizada duas vezes utilizando os booleanos AND e OR a fim de encontrar uma maior quantidade de artigos referentes a reações redox no ensino de química.

Acredita-se que a catalogação de TDs que envolva o ensino de reações redox justifica que a maioria das pesquisas realizadas nas instituições de ensino superior comumente estão vinculadas a cursos de mestrado e doutorado. A catalogação de artigos fundamenta-se em virtude de representarem uma síntese de pesquisas realizadas que por vezes não envolvem investigações em cursos de mestrado e doutorado.

Posteriormente ao processo de levantamento de dados realizou-se a leitura flutuante das pesquisas inventariadas para identificar quais estavam relacionadas ao ensino de química. Na sequência, sucedeu-se a leitura do material para prosseguir a categorização, onde adotou-se a análise de conteúdo (MORAES, 1999).

No quadro 1 organizou-se os descritores e seus indicadores pré-definidos nesta investigação para a categorização das pesquisas, além de descritores emergentes que surgiram no decorrer do processo de análise.

Quadro 1 – Descritores e indicadores para análise das pesquisas catalogadas

Descritores	Indicadores
Região brasileira	Norte: região localizada ao norte do Brasil, constituída pelos Estados: Acre, Amapá, Rondônia, Amazonas, Roraima e Tocantins. Nordeste: região localizada ao norte do Brasil, constituída pelos Estados: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Alagoas e Bahia. Sudeste: região localizada ao sudeste do Brasil, constituída

	<p>pelos Estados: São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.</p> <p>Sul: região localizada ao sul do Brasil, constituída pelos Estados: Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.</p> <p>Centro-oeste: região localizada no centro-oeste do Brasil, constituída pelos Estados: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.</p>
Formato	<p>Tese: Trabalho acadêmico inédito para o conhecimento e se destina à obtenção do título de doutor(a).</p> <p>Dissertação: Trabalho acadêmico que se destina à obtenção do título de mestre.</p> <p>Artigo: Relatam estudos empíricos ou teóricos que trazem de modo claro a contribuição para área.</p>
Participante	<p>Estudante do ensino médio: estudantes regularmente matriculados em escolas da educação básica.</p> <p>Estudante de curso técnico: estudantes regularmente matriculados em cursos técnicos.</p> <p>Professor da educação básica: professores que atuam na educação básica.</p> <p>Licenciando em química: estudantes regularmente matriculados em curso de licenciatura.</p> <p>Estudante de curso de bacharelado: estudantes regularmente matriculados em cursos de bacharelado.</p> <p>Professor da educação superior: professores que lecionam em instituições de ensino superior</p> <p>Egresso do curso de licenciatura: estudantes egressos do curso de licenciatura e que eram identificados com essa denominação nas pesquisas.</p> <p>Não identifica: os participantes não são identificados na descrição da pesquisa.</p> <p>Não se aplica: investigações que não envolviam participantes de pesquisa.</p>
Estratégia de ensino	<p>Experimento: estratégias de ensino envolvendo práticas experimentais.</p> <p>TIC (tecnologia da informação e comunicação): adoção de TICs como estratégias de ensino.</p> <p>Cartilha: material didático que reuni informações compiladas sobre um determinado tema.</p> <p>Kit didático: organização de experimentos e outros materiais didáticos adotados em uma prática de ensino.</p> <p>Palestra: apresentação oral em que um determinado tema em que um orador apresentar informações ou conhecimentos a um público.</p> <p>Música: músicas eleitas nas aulas como estratégia de ensino.</p> <p>Aulas interdisciplinares: aulas fundamentadas na integração dos conhecimentos de diversas disciplinas.</p> <p>Aula teórica/expositiva: exposição de conceitos pelo professor nas aulas.</p> <p>Situações problemas/listas/exercícios: adoção de atividades</p>

para compreender o que os estudantes compreenderam.

Coleta de pilhas de baterias: a estratégia de ensino foi estimular os estudantes a realizarem a coleta de pilhas, para problematizar o conteúdo a ser ensinado.

Leitura e discussão de textos/artigos: adoção de texto/artigos como estratégia de ensino.

Abordagem histórica: adoção de aspectos da história da ciência para desenvolver os conteúdos químicos.

Mapa conceitual: diagrama visual que representa as relações entre conceitos e ideias.

Estudo de caso: abordagem do conteúdo baseada em situações do contexto real.

Robótica: construção de um robô por meio da robótica educacional.

Flexquest: estratégia didática constituída por ambientes virtuais de ensino e aprendizagem.

Saída a campo/visita técnica: atividade extracurricular que permeia a visita a espaços destinados a aprendizagem como, por exemplo, parques, museus, exposições, etc.

Relatório: documento que apresenta de forma organizada o desenvolvimento de um trabalho.

Gincana: competição que busca emergir habilidades mentais e físicas.

Oficina: curso de curta duração de caráter mais teórico /atividade laboral que possibilita a vivência de novos conhecimentos.

Debates: realização de debates sobre um tema como estratégia de ensino.

Desenhos: representações de formas utilizando lápis e canetas.

Investigação: estimular o educando a investigar uma problemática.

Não se aplica: pesquisas que não envolviam estratégias de ensino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As teses, dissertações e artigos inventariadas nesta investigação e que constituem o corpo de análise desta pesquisa estão referenciadas na Tabela 1. As teses e dissertações (TDs) analisadas serão apresentadas por código T1 a T4 para Teses, D1 a D26 para as Dissertações e A1 a A11 para os artigos.

Tabela 1 - Relação das teses, dissertações e artigos analisadas

Código	Referências
T1	GOES, L. F. Reações redox: uma proposta para desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo. 2018. 262f. Tese (Doutorado) -

	apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
T2	LOCATELLI, S. W. Relação existente entre metavizualização e as representações simbólica e submicro na elaboração de atividade em química. 2016. 311 f. Tese (Doutorado) - apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
T3	NOGUEIRA, K. S. C. Reflexos do Pibid na prática pedagógica de licenciandos em química envolvendo o conteúdo oxirredução. 2018. 358 f. Tese (Doutorado) - apresentada ao Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
T4	SOUZA, A. K. R. Uso da química forense como ferramenta de ensino através da aprendizagem significativa. 2017. 83f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
D1	ABREU, D. C. Resíduo eletroeletrônico: uma abordagem CTS para promover a prática argumental entre alunos do ensino médio. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
D2	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 Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018.
D3	ALVES, R. G. Proposta para uma abordagem do conceito de oxirredução no programa nacional de integração da educação profissional com a educação básica na modalidade de educação de jovens e adultos – educação profissional técnica de nível médio (PROEJA). 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
D4	BECKER, G. G. K. Pilhas: uma proposta para a compreensão do conceito de equilíbrio químico e de potencial redox. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2017.
D5	BOCANEGRA, C. H. Aspectos conceituais e epistemológicos do tema eletroquímica nos livros didáticos de química aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM (2007). 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
D6	BOZZI, L. D. Proposta metodológica para construção de simuladores experimentais baseados em hipervídeos. 2018. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
D7	BUCL, J. R. Humphry Davy e a questão da classificação do potássio e do sódio. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
D8	CHICRALA, K. J. S. As atividades experimentais educativas como

	complemento e motivação no ensino – aprendizagem química no ensino médio. 2015. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
D9	FAUSTINO, S. N. As TICs como ferramenta colaborativa no processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica com enfoque CTSA. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.
D10	FREITAS, A. B. O ensino interdisciplinar de pilhas e radioatividade no âmbito da educação ambiental. 2017. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Educação, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
D11	GOMES, A. D. S. Uso pedagógico de software de simulação para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa de conteúdos de eletroquímica no ensino médio. 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
D12	LIMA, L. M. N. O ensino de eletroquímica no ensino médio por investigação: uma abordagem à luz da aprendizagem cooperativa. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
D13	MEDEIROS, J. S. S. Proposta da UEPS abordando conceitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem em eletroquímica. 2018. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
D14	MONASSA, J. M. Galvanização como tema motivador na disciplina de química tecnológica em um curso de engenharia de produção. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
D15	OLIVEIRA, E. S. Fenômenos elétricos e estrutura da matéria: tecendo relações entre os estudos de Michael Faraday e as concepções dos estudantes. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.
D16	19. PATROCÍNIO, A. A. O ensino de eletroquímica a partir de uma abordagem sócio-histórica. 2018. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2018.
D17	PINHEIRO, R. S. G. Robótica educacional e ensino de química no curso de engenharia civil: uma perspectiva para aprendizagens colaborativa e cooperativa. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
D18	PINTO, M. F. Da eletricidade nos séculos XVII E XVIII às leis eletroquímicas de Michael Faraday. 2018. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora,

	2018.
D19	SANTIAGO, O. P. Perspectivas da abordagem ciência, tecnologia e sociedade e suas relações com as capacidades de pensamento crítico. 2018. 116f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.
D20	SANTOS, I. G. S. A flexquest como estratégia didática no ensino de eletroquímica. 2012. 139f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.
D21	SILVA, E. A. Aprendizagem significativa no ensino de química: uma proposta de unidade de ensino sobre número de oxidação. 2018. 137f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.
D22	SILVA FILHO, S. M. Desenvolvimento de jogos digitais por alunos do ensino médio para o desenvolvimento de conceitos químicos. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado em Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
D23	SILVEIRA, M. L. A música como linguagem no processo de alfabetização científica nas aulas de química. 2019. 125f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.
D24	SOUZA, R. N. O uso do editor de slides aliado a prática experimental de química como ferramenta educativa para maximizar o processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Digitais Para Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
D25	VACILOTO, N. C. N. Formação continuada de professores de química em grupo colaborativo: conhecimentos e práticas sobre eletroquímica, equilíbrio químico e cinética química. 2017. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
D26	ZACARIAS, F. M. S. O uso das TIC como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem em eletroquímica. 2017. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.
A1	AMARAL, E. I.; TEIXEIRA, M. A. G. Determinação Simultânea do Teor de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ por titulação condutométrica e potenciométrica: uma sugestão de prática para o ensino de eletroquímica em análise instrumental. Revista Virtual de Química , v. 7, n. 5, p. 1866-1875, jul. 2015.
A2	ÁVILA, S. G.; MATOS, J. D. R. Compostos coloridos de ferro: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. Educación Química , São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-8, abr. 2017.
A3	CARMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física , [s.l.], v. 28, n. 1, p. 7-26, nov. 2010.

A4	CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias , v. 11, n. 3, p. 595-619, 2012.
A5	FERREIRA, Y. P. U. M.; MACHADO, A. F.; MOURA, D. B.; SILVA, C. E. O estudo da diferença de potencial (ddp) a partir de reação de oxirredução (pilha) e aplicação da modelagem e simulação computacional. Revista Sustinere , v. 4, n. 1, p. 61-81, 2016.
A6	FREIRE, L. I. F.; FERNANDEZ, C. Professores novatos de química e o desenvolvimento do PCK de oxidorredução: influências da formação inicial. Educación Química , v. 25, n. 3, p. 312-324, 2014.
A7	GERMANO, M. G.; LIMA, I. P. C.; SILVA, A. P. B. Pilha voltaica: entre rãs, acasos e necessidades: Entre rãs, acasos e necessidades. Caderno Brasileiro de Ensino de Física , v. 29, n. 1, p. 145-155, 2012.
A8	MARTINS, A. A. et al. Descarte de pilhas e baterias: a problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNL D 2015 para o conteúdo de eletroquímica: A problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNL D 2015 para o conteúdo de eletroquímica. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável , v. 9, n. 5, p. 31-35, 2014.
A9	MORAES, S. R.; ROCHA, J. R. C. Atividade motivadora para o aprendizado de conceitos de oxidação e redução. Holos , v. 4, n. 28, p. 250-258, 2012.
A10	SANTOS JUNIOR, J. B.; BENEDETTI FILHO, E.; CAVAGIS, A. D. M.; ANUNCIACÃO, E. A. Um estudo comparativo entre a atividade experimental e a simulação por computador na aprendizagem de eletroquímica. Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias , v. 15, n. 2, p. 312-330, 2016.
A11	WARTHA, E. J.; GUZZI FILHO, N. J.; JESUS, R. M. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. Didáctica de La Química , v.23, n. 1, p. 55-61, 2012.

As TDs

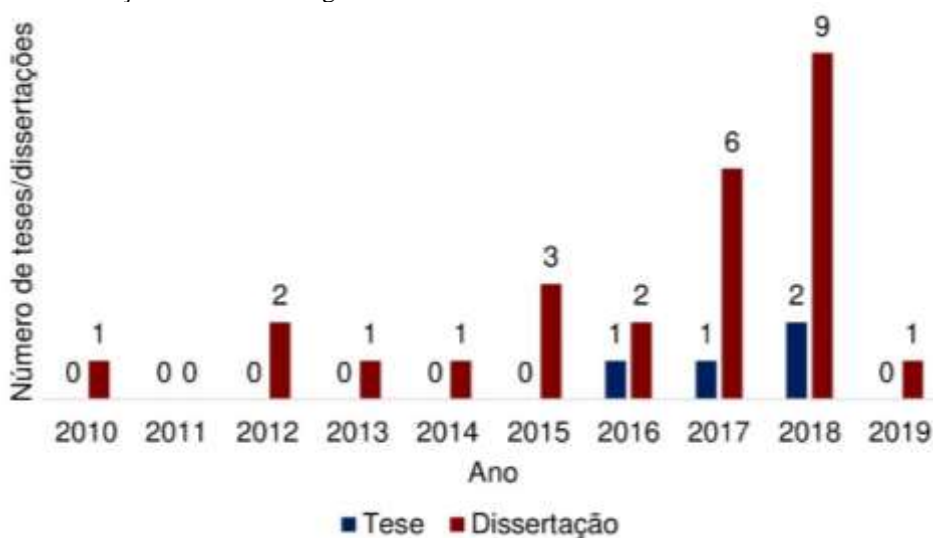
Inicialmente foram catalogadas 90 pesquisas na BDTD, entretanto, ao final do processo de leitura das TDs chegou-se a um total de 30 pesquisas em virtude das demais pesquisas por vezes não terem o foco de investigar reações redox ou serem pertencentes a outras áreas de que não fossem ao ensino de química. Destaca-se que a maioria das pesquisas, 28 (93,3%), foram desenvolvidas em universidades públicas e apenas 2 (6,7%) em universidades privadas.

Primeiramente as TDs foram agrupadas segundo o descritor **região brasileira** e seus indicadores, onde foi possível analisar a predominância de publicações da região Norte e Sudeste com 12 publicações (40%) cada. Não se encontrou nenhuma publicação referente ao conteúdo redox publicada no período de 2010-2019 proveniente da região Norte. Ao analisar as publicações por estado, o estado de São Paulo contempla a maior

parte das TDs com 10 pesquisas (33,3%), seguido pelo Ceará com 4 (13,4%). De acordo com dados da CAPES (2018) a região Sudeste atualmente congrega a maior parte das bolsas de pós-graduação concedidas, o que se apresenta como uma possível justificativa de o estado com maior número de publicações concernente ao conteúdo reações redox encontrar-se nessa região.

Na Figura 1 apresenta-se um gráfico ordenado segundo o número de publicações por ano, a qual seu conteúdo enquadra-se no descritor **Formato** e seus indicadores: tese - Trabalho acadêmico inédito para o conhecimento e se destina a obtenção do título de doutor e Dissertação - Trabalho acadêmico que se destina a obtenção do título de mestre. Conforme exposto na Figura 1, o ano com maiores publicações foi o de 2018 com um total de 11 (36,7%). Os anos de 2010, 2013, 2014 e 2019 foram os anos com menores publicações, 1 (3,3%) cada. No ano de 2011 não emergiu nenhuma TDs sobre reações redox no ensino de química.

Figura 1 – Distribuição das TDs catalogadas entre os anos de 2010 a 2019



Os participantes das pesquisas inventariadas eram, principalmente, estudantes do ensino médio (60%) e 13,3% professores de química da educação básica, como denota a categorização das pesquisas no descritor **Participante** e seus indicadores, apresentada no quadro 2. O agrupamento das pesquisas nesse indicador ultrapassa o número de artigos catalogados, pois alguns trabalhos tinham diferentes participantes. Destaca-se ainda que esse número total de participantes descrito no quadro 2 não representa o total de todos os participantes das TDs inventariadas.

Quadro 2 – Participantes das pesquisas inventariadas - TDs

Participante	Total
Estudante do ensino médio	19
Professor da educação básica	4
Estudante de curso de bacharelado	2
Licenciando em química	1
Estudante do Ensino técnico	1
Não se aplica	4

Uma das pesquisas pertencente ao descritor **Participantes** permeou uma unidade de ensino proposta por professores de química e implementada em turmas de ensino médio para analisar o seu impacto na aprendizagem dos discentes (D13). Duas pesquisas agrupadas no indicador **Estudante de curso de bacharelado** tiveram como participantes estudantes de engenharia. Em uma das TDs os proponentes solicitaram que os estudantes de engenharia civil elaborassem um robô, considerando os conceitos de corrosão eletroquímica na proposta (D17). Enquanto na segunda TDs os estudantes de engenharia de produção realizaram os experimentos, a saber: pilha de Daniel, eletrólise aquosa qualitativa do KI, eletrólise aquosa CuSO₄, laminação de Cu em uma moeda de aço e eletrólise da água, elaboraram relatórios e realizaram uma visita técnica (D14).

Nesta investigação as diversas estratégias de ensino identificadas nas TDs catalogadas foram organizadas no quadro 3. Ressalta-se que algumas TDs foram agrupadas em diferentes indicadores do descritor **Estratégia de ensino** por terem empregado mais de uma estratégia. Logo, o somatório final é maior que o número total de pesquisas analisadas.

Quadro 3 – Estratégias de ensino das pesquisas inventariadas – TDs

Estratégia de ensino	Total	Estratégia de ação	Total
TIC – Tecnologia da informação e comunicação.	10	Cartilha	1
Experimentos	9	Kit didático	1
Situações problemas/listas/exercícios	6	Palestra	1
Aula teórica/expositiva	7	Música	1
Leitura e discussão de textos/artigos	3	Aulas interdisciplinares	1
Abordagem histórica	3	Coleta de pilhas e baterias	1
Mapa conceitual	2	Estudo de caso	1
Desenhos	2	Robótica	1
Debates	2	Flexquest	1
Investigação	2	Saídas a campo/	2

	Visitas técnicas		
Oficina	1	Relatório	1
Gincana	1	Não se aplica	5

No quadro 3 torna-se evidente que dentre as TDs analisadas, a estratégia empregada em maior número foi as TICs com um total 10 pesquisas seguida pelos experimentos com 9 práticas. Infere-se a partir desses dados que no ensino de reações redox as TICs e a experimentação são as principais estratégias de ensino. Corroborando com a constatação realizada acima, encontra-se em um estudo desenvolvido por Klein e Braibante (2015) onde as autoras identificaram que as reações redox são abordadas, principalmente, por experimentos, em detrimento de abordagens teóricas.

Ao esmiuçar as pesquisas que adotaram as TICs identificou-se que elas permearam simulações de experimentos, vídeos, *softwares* (Moodle e PhET), ilustrações em *slides/datashow* acerca de algum fenômeno químico pertinente ao conteúdo para dinamizar a aula, simulador de experimentos com vídeos interativos, jogos sobre raios catódicos e pilhas eletroquímicas (D26, D9, D11, D6 e D22). Em relação aos 9 trabalhos pertencentes ao indicador **experimentação**, esses desenvolveram mais de um experimento: 8 destes eram montagem de pilhas (4 pilhas de Daniel, 1 pilha de limão, pilhas com instrumentos alternativos (lata de alumínio e água sanitária/limão/moeda/batata), 4 eram eletrólises (da água, eletrólise aquosa qualitativa do KI, eletrólise aquosa CuSO₄(II)), 3 experimentos consistiam em deposição eletroquímica, galvanização e deposição eletroquímica respectivamente, 1 experimento pautava-se na construção de um circuito eletrônico pelo método de corrosão (D3), análise da condutividade elétrica nos diferentes estados físicos e série de reatividade eletroquímica (T1), entre outros.

As aulas teóricas, em alguns casos, eram dinamizadas com o uso de TICs ou precediam os experimentos para que os discentes tecessem uma relação entre o conteúdo da aula e a prática experimental. Além disso, por vezes eram seguidas por situações problema/listas/exercícios como forma de fixação do conteúdo, conforme denota o trecho abaixo:

Os arquivos em ppt (Power Point) estiveram à disposição de todos os alunos no site “Ciência Interativa”, bem como os diversos simuladores onde o aluno pode acessar de Casa no horário e dia em que tivesse disponibilidade uma vez que o site está ativo 24 horas e durante toda a semana. Ao concluir essa fase teórica, apenas os alunos inscritos e selecionados no processo foram para

a fase três que compreende a fase das práticas realizadas através do uso da simulação computacional (D11, 2017, p. 55).

Dentre as pesquisas agrupadas no indicador **Leitura e discussão de textos/artigos** destaca-se a dissertação de mestrado (D3) onde se adotou um texto que abordava a diferença entre ferrugem, corrosão e oxidação. Outra pesquisa (T1), elegeu dois artigos em um curso de formação continuada de professores para abordar as dificuldades e metodologias para ensinar reações redox.

Algumas TDs pertenciam ao indicador **Debates** e englobavam debates sobre o conhecimento dos discentes acerca do conteúdo baterias, além da relação entre energia e química (D3). Já em outro trabalho o debate envolveu um estudo de caso com a proposta de desenvolver a capacidade argumentativa dos estudantes. Neste **estudo de caso** foi tecida uma história a respeito de uma menina que solicitava de sua mãe um novo celular por julgar a tecnologia do seu aparelho ultrapassada. Com o caso proposto a turma foi dividida em dois grupos, a primeira equipe deveria ser favorável ao argumento da menina, enquanto o segundo grupo deveria ser contra, em virtude da geração de lixo eletrônico e seus impactos (D1). Pode-se perceber que apesar de enquadrados na mesma estratégia de **Debates** (D3) e (D1) possuem abordagens distintas, podendo-se concluir que dentro de uma mesma estratégia há uma imensa pluralidade na forma de apresentar os conteúdos.

No processo de análise duas TDs adotaram como estratégia o indicador **mapas conceituais**. Nessa perspectiva, D3 abordou como tema central pilhas e baterias (D3). Em outra pesquisa o mapa conceitual foi adotado para identificar as possíveis dificuldades conceituais dos professores que participavam de uma formação com o conteúdo de eletroquímica (D25). A estratégia de mapas conceituais foi empregada em ambos os trabalhos, porém com objetivos diferentes onde em (D3) a estratégia possuía um cunho de aplicação dos conhecimentos dos estudantes, e já em (D25) percebe-se o mapa conceitual aplicado com intuito de realizar um pré-diagnóstico acerca dos conhecimentos docentes.

A pesquisa (D3) adotou cinco cartilhas como estratégia de ensino para trabalhar com estudantes do ensino médio. As cartilhas abordavam os temas, a saber: a eletrônica na vida, a eletrônica e sua relação com os modelos atômicos, a construção de um circuito eletrônico, os fenômenos químicos presentes na construção de um circuito eletrônico e reações de oxirredução.

Na estratégia **música** o professor elaborou seis paródias permeando ritmos de músicas brasileiras sobre o tema eletroquímica. Em uma segunda etapa os estudantes foram estimulados a proporem suas próprias paródias em diversos ritmos musicais. Fica evidente a presença de um aprendizado múltiplo, pois ao mesmo tempo que os estudantes aprendiam química, exercitavam a criatividade e conheciam ritmos musicais diferentes por meio das paródias elaboradas pelos grupos de outros colegas (D23).

A **Flexquest** foi abordada em uma dissertação (D20), em um curso para professores da educação básica, onde foi desenvolvida as problemáticas: pilhas e baterias no cotidiano, como deve ser sua forma de descarte, do que são feitas, tema pilhas em geral e a eletroquímica na vida moderna.

A pesquisa agrupada no indicador **Kit didático** não foi contabilizada como experimento, pois o kit não trazia apenas experimentos relacionados à eletroquímica, mas também de outros conteúdos de química (D28). Para D28 o kit didático foi uma estratégia de ensino que resultou na motivação e no interesse dos estudantes pela área de química, proporcionando ainda a autonomia e o trabalho em equipe entre os discentes. No indicador **Oficina**, uma pesquisa (T4) realizou uma oficina sobre química forense para promover uma discussão referente a violência em um município. Durante a oficina foram desenvolvidos conceitos de ácido-base, solubilidade, entre outros, juntamente ao tema redox.

Dentre as TDs, cinco pertenciam ao indicador **Não se aplica**, sendo que três eram revisões de literatura com abordagem histórica sobre questões eletroquímicas (D15, D18, D7). Outro abordava o reflexo do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) na construção do conhecimento docente de licenciandos em química sobre o conteúdo de oxirredução (T3) e o último trazia uma análise de como o conteúdo de eletroquímica era desenvolvido em livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) (D5).

No processo de análise das TDs buscou-se identificar as dificuldades associadas ao ensino-aprendizagem de reações redox decorrentes das pesquisas catalogas. Dentre as 30 TDs, 20 (66,7%) apresentavam dificuldades, 6 (20%) não apresentavam e 4 (13,3%) apresentavam outras dificuldades, como falta de base teórica, interpretação de texto e operações matemáticas. Nesse sentido, organizou-se no quadro 4 as dificuldades envolvendo o ensino-aprendizagem de reações redox que emergiram nos resultados das TDs inventariadas.

Quadro 4 – Dificuldades envolvendo o ensino-aprendizagem de reações redox – TDs

Dificuldades	Dificuldades
Associar a eletroquímica a outros temas, que não sejam pilha e bateria.	Identificar processos oxidativos em reações que não sejam em pilhas e baterias.
Relacionar a eletroquímica com o cotidiano.	Definir agente oxidante e agente redutor.
Ensinar eletroquímica, além do que está descrito nos livros didáticos.	Compreender a linguagem adotada pelos professores na explicação de conceitos envolvendo reações redox.
Diferenciar as equações químicas envolvendo as reações redox.	Compreender o conceito de elétron em uma reação redox.
Montar as semirreações redox.	Compreender o fluxo de elétrons.
Reconhecer os produtos formados em uma reação redox.	Assimilar os cálculos matemáticos envolvidos nas reações redox.
Compreender soluções eletrolíticas.	Compreender o conceito de redução.
Compreender a diferença entre o fluxo da corrente elétrica na física e na química.	Compreender os íons na solução e sua relação com as reações redox.
Compreender o conceito de ponte salina	Compreender como acontece na corrosão.
Entender o conceito de pilha.	Identificar o cátodo e o ânodo.
Acessar os conceitos teóricos para montar uma pilha.	Representar os íons e átomos em uma reação redox.
Compreender o nível microscópico e simbólico de uma reação redox.	Entender a deposição que acontece em uma reação redox.
Calcular e identificar o NOX.	Entender o conceito de galvanoplastia.
Compreender a eletrólise e desconhecer esse termo.	Reconhecer que em uma pilha acontece reações redox.
Compreender o conceito redox.	Reconhecer que há simultaneidade na reação redox.

Com relação às dificuldades dos participantes das pesquisas na dissertação (D20) relatou-se que os professores têm limitações em trabalhar temas relativos à eletroquímica que não foram abordados nos livros didáticos. Além disso, os professores relatavam dificuldades em associar a eletroquímica a outro tema diferente de pilhas e baterias.

Em (D12) apontou-se que os estudantes tinham dificuldade em relacionarem a química com o cotidiano e que as atuais práticas didáticas utilizadas no ensino de eletroquímica não atraem os aprendizes para as aulas.

Na pesquisa (D16) é relatada a dificuldade dos estudantes em calcular o NOX (número de oxidação) e em compreender o conceito de reduzir, já que a palavra é associada à perda, porém na eletroquímica corresponde ao ganho de elétrons. Um dos discentes não compreendeu o conceito de elétron.

Em outra pesquisa (D13) o pesquisador apresenta a leitura e discussão de textos como uma estratégia que tem proporcionado aos estudantes realizarem questionamentos, acessarem exemplos e tirarem dúvidas. Em uma das questões abordou sobre a importância de pintar portões de ferro como forma de protegê-lo da formação da ferrugem. Devido a essa abordagem com elementos cotidianos, a maioria dos estudantes compreenderam e responderam corretamente a atividade. Contudo, na parte da experimentação os estudantes mostraram dificuldade em reconhecer os produtos oriundos das reações redox, sendo esta uma dificuldade semelhante à encontrada em (D16). Por outro lado, ao longo das aulas os discentes se apropriaram de mais conceitos, tornando-se capazes de montar uma série de reatividade química dos metais com base em um experimento realizado e reconhecer o melhor material para manter a durabilidade de uma bicicleta exposta à maresia.

Na dissertação de mestrado D26 mais da metade dos estudantes classificou a estratégia utilizada pelo professor (TIC) como dinâmica e avaliou que o simulador educacional da Pilha de Daniell foi uma importante estratégia, assim como o experimento realizado para a construção de sua aprendizagem. É possível perceber a importância de experimentos na disciplina de química, pois assim como exposto por D28 anteriormente, os experimentos contribuíram para aprendizagem e maior interesse dos estudantes pela disciplina.

Em outra dissertação (D9) fez-se uso da plataforma virtual Moodle e mais da metade da turma avaliou a proposta didática como satisfatória para o aprendizado de eletroquímica. Contudo, os estudantes demonstraram dificuldade em compreender que além dos íons oriundos do soluto, também os provenientes da ionização da água deveriam ser considerados na reação redox. Alguns discentes tiveram dificuldade em imaginar o fenômeno redox e declararam que a simulação facilitou o entendimento de como a pilha funciona.

Na dissertação D1 assim como em D16, D13, D9 e D22, foi observado que inicialmente os estudantes tinham dificuldade em identificar o ânodo e o cátodo e definir agente oxidante e agente redutor. A pesquisadora também expõe que percebeu nos estudantes dificuldade em explanar suas ideias e organizá-las, como ocorrido com o mapa conceitual como foi observada na dissertação D13, bem como dificuldade em língua portuguesa e matemática.

Na tese de doutorado T2 descreveu-se sobre a dificuldade dos estudantes em representar partículas como átomos, íons e cargas, reconhecer a função do íon, perceber que a interação acontece por várias partículas e não um único bloco, bem como a diferença de tamanho dessas partículas, interpretação de texto e imagem, compreensão de deposição eletroquímica como formação de uma nova substância, diferenciar íon e átomo, compreender o nível submicroscópico e que o desenho de partículas tratava-se apenas de uma representação e não algo concreto.

A dissertação de mestrado D6 apresenta uma tabela constituída por 29 concepções que, se não explanadas pelo professor, podem gerar dificuldades conceituais no estudante, dentre as quais se destaca o não entendimento do fluxo da corrente elétrica ser diferente para a disciplina de química e física.

Outra dissertação (D14) desenvolveu uma pesquisa direcionada para estudantes de engenharia de produção e identificou que os participantes não compreendiam que dentro de uma pilha ocorriam reações químicas e, conseqüentemente, reações redox. Outros estudantes não entendiam como acontecia a corrosão e não conheciam as palavras derivadas de galvanização. Mais da metade dos alunos desconhecia o termo eletrólise. Após a proposta de ensino mais de $\frac{3}{4}$ dos estudantes demonstraram terem superado suas limitações conceituais sobre redox.

A tese de doutorado T1 que envolveu um curso de formação continuada para professores de química constatou que os participantes não sabiam diferenciar equações químicas e suas características, montar semirreações, identificar o fluxo de elétrons, entender as soluções eletrolíticas, compreender o conceito de ponte salina e pilha, entre outros.

Na dissertação de mestrado D2 que envolveu o ensino por investigação proporcionou que os discentes chegassem as respostas para questionamentos de fenômenos do cotidiano como a ferrugem. E, apesar de compreenderem o conceito reações de oxirredução, apresentaram dificuldade em calcular a DDP (diferença de potencial) e compreender o nível microscópico e simbólico, como em D22 e T2.

Na dissertação D21, identificou-se que os estudantes têm dificuldades em identificar o NOX. Em D3 seu pesquisador discorre sobre a falta de compreensão do conceito oxidação e redução e da ligação metálica. Por fim, na dissertação de mestrado D10 evidenciou-se que os discentes do ensino médio tiveram limitações em relacionar

as aulas teóricas na montagem da pilha, porém estas dificuldades foram superadas após a intervenção.

O que revelam os artigos?

No processo de inventariar os artigos no Portal de Periódicos da Capes, inicialmente emergiram 632 pesquisas. Contudo, após a primeira leitura apenas 11 artigos envolviam o ensino-aprendizagem de reações redox no ensino de química.

Os artigos, todos oriundos de instituições públicas e, de modo semelhante as TDs, o estado de São Paulo e região sudeste contemplaram o maior número de publicações com 7 (63,6%) artigos, seguido da região nordeste com as demais das publicações 4 (36,4%). As regiões brasileiras restantes não tiveram artigos sobre o ensino de reações publicados no período de busca.

Na análise das pesquisas identificou-se que o ano de 2012 contemplou o maior número de artigos 4 (36,7%), seguido pelos anos de 2014 e 2016 com 2 (18,2%) artigos cada e os anos de 2011, 2015 e 2017 tiveram o menor número de publicações, cada ano com 1 (9,1%) artigos. Contrapondo as pesquisas inventariadas na BDTD com os do Portal de Periódicos da CAPES, na BDTD apenas no ano de 2011 não houve nenhuma publicação referente ao tema desta pesquisa, por outro lado, no portal da CAPES foram os anos de 2010, 2013, 2018 e 2019 que não receberam nenhuma publicação referente ao ensino redox.

Posteriormente esmiuçou-se as tendências dos artigos em relação aos Participantes. Para esse descritor considerou-se os 7 indicadores emergentes. A distribuição das pesquisas quanto aos participantes é apresentada no quadro 5 abaixo. O agrupamento dos artigos nesse indicador ultrapassa o número de artigos catalogados, pois alguns trabalhos tinham diferentes participantes. Destaca-se ainda que esse número total de participantes descrito no quadro 5 não representa o total de todos os participantes dos artigos inventariados.

Quadro 5 – Participantes das pesquisas inventariadas – artigos

Participantes	Total
Estudantes de graduação	6
Estudantes do ensino médio	4
Licenciandos em química	3
Não se aplica	1
Egresso do curso de licenciatura em química	1
Professores do ensino superior	1
Não identifica	1

A pesquisa desenvolvida em A2 foi agrupada no indicador **Professor do ensino superior e Egresso do curso de licenciatura**. Nesse sentido, as autoras investigaram a influência de professores de graduação no PCK de reações redox de egressos do curso de licenciatura em química. Nos resultados, (A2) identificou que os professores formadores influenciam na construção do PCK dos licenciandos para os quais lecionaram. No artigo as pesquisadoras não apresentam nenhuma dificuldade conceitual sobre reações redox emergidas na pesquisa.

Um dos artigos pertencentes ao indicador **Não se aplica** foi desenvolvido no artigo A8 e envolveu a análise de como os livros didáticos desenvolvem o conteúdo de pilhas e baterias juntamente à questão ambiental. Outro artigo (A11) foi agrupado no indicador **Não identifica**, pois os autores não especificam o nível de ensino para o qual propuseram o experimento.

No quadro 6 encontram-se os artigos subdivididos segundo o descritor **Estratégia de ensino**. A totalidade de estratégias ultrapassa o número de trabalhos catalogados, pois alguns deles fizeram o uso de mais de uma estratégia.

Quadro 6 – Estratégias de Ensino/instrumento de pesquisa – Artigos

Estratégias de Ensino/instrumento de pesquisa	Total
Experimentos	7
TIC	2
Não se aplica	2
Situações problemas/listas/exercícios	3
Mapa conceitual	1
Aula teórica/expositiva	1

A estratégia de ensino majoritariamente adotada nos artigos foi o experimento, dentre os quais destaca-se: reação de neutralização (titulação) (A1), deposição eletroquímica (A9), utilizar palha de aço para obter $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (A2) e construir uma pilha (A7). Ao comparar com as pesquisas oriundas da BDTD, onde as TICs predominaram em relação aos experimentos é possível perceber o contraste em relação aos artigos, onde a estratégia predominante foram os experimentos.

No artigo (A11) apresentou uma proposta de ensino envolvendo o experimento da gota salina. Nesse sentido, seus proponentes explicam como o experimento deve ser realizado e sugerem algumas discussões que os docentes podem fazer em sala de aula ao implementarem o experimento.

Em outro artigo (A5) seus pesquisadores adotam o software Modellus para realizar uma simulação de montagem de uma pilha e confrontam os resultados com os obtidos experimentalmente a fim de avaliar a contribuição do software na aprendizagem de estudantes do ensino médio. Nessa pesquisa os autores concluem que a modelagem esquematizada proporcionou a aprendizagem dos estudantes e que ao término das atividades eles foram capazes de desenvolver uma percepção mais abrangente da química e física no cotidiano e nas tecnologias. Assim, como em (D21) e (D13) a importância da interdisciplinaridade e implementação de acontecimentos cotidianos no ensino fica evidente, pois tais ações promovem a percepção dos alunos sobre a ciência, auxilia que os mesmos a reconheçam em seu dia a dia, não apenas em bancadas de laboratório.

No artigo (A10) os pesquisadores utilizaram como estratégia primeiramente uma questão de vestibular de múltipla escolha. Posteriormente, propuseram que os estudantes construíssem um mapa conceitual sobre o funcionamento de uma pilha de Daniell e resolvessem questões retiradas de um livro didático. Os discentes realizaram as atividades divididos em 3 grupos. Um dos grupos desenvolveu o experimento da pilha de Daniell e outro uma simulação sobre a reação de metais e íons. O terceiro grupo teve apenas as aulas sem simulação ou experimento. Apesar dos pesquisadores discorrerem sobre a dificuldade dos estudantes em responder as questões propostas, não detalham quais foram essas limitações.

Dos onze artigos analisados, apenas A3 e A4 apresentavam em seus resultados dificuldades envolvendo o ensino-aprendizagem de reações redox emergidas de suas pesquisas. Em consonância, no quadro 7 organizou-se essas limitações.

Os títulos das tabelas e ilustrações (desenhos, esquemas, fluxogramas, fotografias, gráficos, mapas, organogramas, plantas, quadros e outras) devem ser digitados em Times New Roman, tamanho 10, justificados, com espaçamento simples, mencionados logo acima das respectivas tabelas e ilustrações, citadas em ordem numérica de acordo com a apresentação no texto, como no exemplo a seguir:

Quadro 7 – Dificuldades envolvendo o ensino-aprendizagem de reações redox – artigos

Dificuldades	Dificuldades
Desmembrar as equações químicas em semirreações.	Compreender analogias adotadas no ensino de reações redox.
Os livros didáticos não classificam/nomeiam as reações redox	Entender equivocadamente que só há semirreação em reações redox.

Os livros didáticos subestimam os íons nas reações química e consequentemente nas reações redox.	Equacionar uma reação química – redox.
Diferenciar o sentido da corrente elétrica na física da química.	Compreender a linguagem química adotada em reações redox.
Compreender a condução de cargas.	Compreender o equilíbrio de cargas.
Ignorar as partículas negativas provenientes da dissociação do eletrólito.	Assimilar o conceito de redução como a perda de elétrons.
Considerar a interdependência entre as entidades envolvidas na geração e circulação das cargas.	Compreender erroneamente que o movimento de íons e elétrons está associado a carga do eletrodo.
Compreender a função do eletrólito.	Considerar a conservação das cargas.

No artigo A3 suas autoras adotam como estratégia de ensino duas questões discursivas - **Situações problemas/listas/exercícios** com intuito de estudar os fenômenos microscópicos, particularmente a movimentação das cargas que ocorrem em uma pilha e na eletrólise. Participaram da pesquisa estudantes do ensino médio e licenciandos em química. Nos resultados as pesquisadoras discorrem que uma das dificuldades dos discentes emergiu quando não faziam referências ao íon proveniente da dissociação iônica que ocorria no eletrólito.

A pesquisa do artigo A4 analisa primeiramente como o papel dos íons é descrito nos livros didáticos - **Não se aplica**, e posteriormente uma atividade dirigida envolvendo questões - **Situações problemas/listas/exercícios**. Nos resultados os autores apontam que uma das dificuldades de um dos discentes envolveu:

[...] uma associação automática do termo semirreação, representa uma semirreação “ácido-base” por uma equação que envolve o elétron – ainda uma associação automática do termo “semirreação” com o assunto “reações de transferência de elétrons” e, ignorando o fato de que qualquer reação que componha algum mecanismo (redox ou não) é uma semirreação, representa uma semirreação “ácido-base” por uma equação que envolve o elétron – ainda que isso não lhe faça muito sentido (A4, 2012, p. 612).

Com relação a análise dos livros didáticos em (A4), seus autores discorrem que um dos problemas identificado era que nem sempre esses materiais didáticos nomeavam as reações redox. Outro problema identificado nos livros didáticos repousa na subestimação dos íons nas reações químicas, o que pode refletir na dificuldade dos discentes em compreenderem essas reações e, consequentemente, as reações redox. Em uma pesquisa envolvendo livros didáticos de química as pesquisadoras Goes, Nogueira e Fernandes (2018) identificaram que as figuras presentes nos livros didáticos, no

capítulo sobre reações redox, não tinham função didática e que nesse conteúdo o nível macroscópico e representacional era evidenciado detrimento do nível submicroscópico, o que pode refletir nas dificuldades dos estudantes em compreender esse conteúdo químico.

Acredita-se que os resultados desta pesquisa possam subsidiar discussões em cursos de formação inicial e continuada de professores sobre o ensino de reações redox e que possam contribuir para o desenvolvimento do PCK de licenciandos e professores de química, já que a literatura sugere que seja possível e desejável a construção do conhecimento docente nos cursos de licenciatura (VAN DRIEL; DE JONG, 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa objetivou-se catalogar e analisar teses, dissertações e artigos que envolviam o ensino-aprendizagem de reações de oxirredução no contexto do ensino de química. Nesse sentido, foram catalogadas e analisadas 41 pesquisas predominantemente da região Sudeste. Nas pesquisas identificou-se que nas TDs as principais estratégias de ensino adotadas no ensino de reações redox foram TICs e a experimentação, enquanto nos artigos a experimentação foi a estratégia mais adotada.

Evidenciou-se que nas pesquisas analisadas o conteúdo de reações redox foi desenvolvido de modo contextualizado, em virtude de seus proponentes idealizarem práticas de ensino que dialogassem com o cotidiano dos discentes. Em consonância, alguns trabalhos abordaram maresia e seus impactos no processo de formação da ferrugem; a necessidade de pintar portões de ferro não galvanizados, e suas implicações caso não realizada; a importância de um destino correto para aparelhos eletrônicos já fora de uso, seus impactos no ambiente, entre outros.

Além de analisar as dificuldades emergentes nas pesquisas sobre reações redox catalogadas, pode-se perceber que as estratégias são diversas, mas também que muitas das dificuldades encontradas relacionam-se às dificuldades com operações matemáticas e interpretação de texto, e não unicamente com a disciplina de química. Outra dificuldade fortemente presente nas pesquisas foi a limitação de seus participantes em identificar o cátodo e ânodo da reação redox, bem como o agente oxidante e redutor, e em reconhecer o fluxo de elétrons.

Sucintamente, esta pesquisa revelou a importância de os professores de química em formação inicial ou continuada participem de processos formativos em que sejam

trabalhadas as dificuldades conceituais identificadas na literatura para que essas limitações no ensinar e aprender desse conteúdo sejam superadas ou amenizadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a bolsa PIBIC – 2019/2020 concedida.

REFERÊNCIAS

- BARKE, H. D.; HAZARI, A.; YITBAREK, S. **Misconceptions in Chemistry**. Berlim: Springer, 2009.
- DE JONG, O.; ACAMPO, J.; VERDONK, A. Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, n. 10, p. 1097-1110, 1995.
- DE JONG, O.; TREAGUST, D. The teaching and learning of electrochemistry. In: J. K. GILBERT, O.; DE JONG, R.; JUSTI, D. F.; TREAGUST; J. H. VAN DRIEL, EDS., **Chemical Education: towards research-based practice**, Dordrecht: Kluwer, p. 317-337, 2002.
- FERNANDEZ, C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, p. 500-528, 2015.
- FERREIRA, N. S. de A. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002.
- GEOCAPES. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS (BRASIL). **Concessão de Bolsas de pós-graduação da Capes no Brasil**. 2018. Atualizado em jun. 2019. Disponível em: <https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>. Acesso em: 12 fev. 2020.
- GOES, L. F.; NOGUEIRA, K. S. C.; FERNANDEZ, C. A Representação das Reações Redox através das Imagens em Livros Didáticos Brasileiros de Química. **Acta Scientiae**, v. 20, p. 135-153, 2018.
- GOES, L. F.; FERNANDEZ, C; EILKS, I. The Development of Pedagogical Content Knowledge about Teaching Redox Reactions in German Chemistry Teacher Education. **Education Sciences**, v. 10, p. 170, 2020.
- GOES, L. F.; FERNANDEZ, C. Reflexões metodológicas sobre pesquisas do tipo estado da arte: investigando o conhecimento pedagógico do conteúdo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, p. 94-118, 2018.
- GOES, L. F.; NOGUEIRA, K. S. C.; FERNANDEZ, C. Limitations of teaching and learning redox: a systematic review. **Problems of Education in the 21st Century**, v. 78, p. 698-718, 2020.
- KLEIN, S. G.; BRAIBANTE, M. E. F. Reações de oxi-redução e suas diferentes abordagens. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p.35-45, 2017.
- MORAES, R. Uma experiência de pesquisa coletiva: introdução à análise de conteúdo. In. GRILLO, M.C.; MEDEIROS, M.F. (Org). **A construção do conhecimento e sua mediação metodológica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999, p. 45-63.

NOGUEIRA, K. S. C.; GOES, L. F.; FERNANDEZ, C. O estado da arte sobre o ensino de reações redox nos principais eventos na área de educação no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, p. 410-434, 2017.

NYACHWAYA, J. M.; MOHAMED, A-R.; ROEHRIG, G. H.; WOOD, N. B.; KERN, A. L.; SCHNEIDER, J. L. The development of an open-ended drawing tool: an alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 12, p. 121-132, 2011.

ROLLNICK, M.; MAVHUNGA, E. PCK of teaching electrochemistry in chemistry teachers: A case in Johannesburg, Gauteng Province, South Africa. **Educación Química**, v. 25, n. 3, p. 354-362, 2014.

SANJUAN, M. E. C.; DOS SANTOS, C. V.; MAIA, J. O.; DA SILVA, A. F. A.; WARTHA, E. J. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 190-197, 2009.

SHULMAN, L. S. Research on teaching: a historical and personal perspective. In: SHULMAN, L. S. **The wisdom of practice: essays on teaching learning and learning to teach**. San Francisco: Jossey-Bass, 2004. p. 364-381.

SHULMAN, L. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SILVERSTEIN, T. P. Oxidation and reduction: too many definitions? **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 3, p. 279-281, 2011.

VAN DRIEL, J. H.; DE JONG, O. **Investigating the Development of Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge**. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St Louis, MO. p. 1-39. 2001.