



**PEDRO MICAEL DE CASTRO CAPUTO**

**O USO DA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO CONTEXTO  
DO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: UM ESTUDO  
INICIAL INSERIDO NA DISCIPLINA QUÍMICA ANALÍTICA  
EXPERIMENTAL II ENVOLVENDO TITULAÇÃO DE  
OXIRREDUÇÃO**

**LAVRAS - MG**

**2021**

**PEDRO MICAEL DE CASTRO CAPUTO**

**O USO DA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO CONTEXTO DO ENSINO  
REMOTO EMERGENCIAL: UM ESTUDO INICIAL INSERIDO NA DISCIPLINA  
QUÍMICA ANALÍTICA EXPERIMENTAL II ENVOLVENDO TITULAÇÃO DE  
OXIRREDUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Química (Licenciatura  
Plena), para a obtenção do título de Licenciado.

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira

Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2021**

**PEDRO MICAEL DE CASTRO CAPUTO**

**O USO DA ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO CONTEXTO DO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL: UM ESTUDO INICIAL INSERIDO NA DISCIPLINA QUÍMICA ANALÍTICA EXPERIMENTAL II ENVOLVENDO TITULAÇÃO DE OXIRREDUÇÃO**

**THE USE OF THE INVESTIGATIVE APPROACH IN THE CONTEXT OF EMERGENCY REMOTE TEACHING: AN INITIAL STUDY INSERTED IN THE EXPERIMENTAL ANALYTICAL CHEMISTRY II DISCIPLINE INVOLVING OXIRREDUCTION TITRATION**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Química (Licenciatura Plena), para a obtenção do título de Licenciado.

APROVADO em 31 de março de 2021.  
Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira – UFLA.  
Prof. Dr. Marcio Pozzobon Pedroso – UFLA.  
Prof. Dr. Paulo Ricardo da Silva – UFLA.

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nado e Cidinha, por me ensinarem a ser quem sou e por me apoiarem incondicionalmente.

Ao meu irmão, Tomás, por todo companheirismo, apesar de todas as nossas diferenças. À minha sobrinha, Lara, por ter trazido luz e esperança aos nossos corações.

À professora Marianna, por toda amizade e ensinamentos compartilhados ao longo desses anos de orientação, sempre com muito carinho e paciência.

Ao professor Francis, por ter me ingressado na área da Química e por todo incentivo para que eu permaneça firme no sonho de ser professor. À professora Renata, por todos ensinamentos.

Aos meus primos, Vanessa, Poly, Dudu e Alice, por estarem, desde sempre, juntos nessa longa estrada da vida. À Tia Lesa e Tio Zezé, por todo apoio.

Aos meus amigos, Clara, Christian, Gabi, Cecília, Mateus Edson, Emily e Vitória Lara, por sempre se fazerem presente, independente da distância.

Aos meus amigos, Vitória Eduarda, Andressa, João e Pedro, por fazerem dos meus dias em Lavras mais leves e felizes.

Ao meu padrinho de UFLA, Matheus Henrique, por toda amizade e incentivo dado desde o início da graduação. Aos meus afilhados de UFLA, Vitor, Paulo, Guilherme e Elisa, por terem me permitido ajudar vocês nessa jornada, nos tornando grandes amigos.

À Shayani, Mateus Oliveira e Marcos, por aprofundarem nossos laços de amizade nessa pandemia, deixando esses dias mais tranquilos.

Aos professores da disciplina GQI111 – Química Analítica Experimental II, por toda colaboração e paciência durante a realização dessa pesquisa. Aos discentes dessa disciplina, nos períodos de 2020/1 e 2020/2, por autorizarem a coleta e utilização dos dados.

Aos professores Márcio e Paulo, por terem aceitado fazer parte da banca e por contribuírem para a finalização desse trabalho.

A todos, familiares e amigos, que me ajudaram ao longo dessa trajetória.

*“[...] ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”.*

*(Paulo Freire)*

## RESUMO

O presente trabalho objetivou analisar a inserção de uma atividade investigativa na disciplina de Química Analítica Experimental II da Universidade Federal de Lavras, no contexto do Ensino Remoto Emergencial. Para tal, foram propostos Roteiros de Estudos Orientados (REOs), produzidos conjuntamente entre o autor deste trabalho, sua orientadora e os professores da disciplina, a fim de auxiliar os estudantes na construção do conhecimento a respeito das titulações de oxirredução. Os dados analisados referem-se aos discentes matriculados na turma do curso de licenciatura em Química. Buscou-se analisar as propostas de atividades experimentais elaboradas pelos estudantes, os tipos de perguntas contidas no REO disponibilizado pelo professor e, também, os níveis cognitivos manifestados pelos estudantes ao responderem tais perguntas. Com isso, os resultados apontaram que a proposição de um número elevado de perguntas do tipo P3 pode estar diretamente relacionada com a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem. Porém, observou-se, também, que os estudantes tiveram grande persistência em enxergar os roteiros experimentais como inalteráveis, fato que pode ser relacionado com o modelo tradicional de educação que os estudantes estão acostumados. Ainda, é perceptível a dificuldade que os estudantes tiveram em proporem experimentos com os reagentes, vidrarias e equipamentos limitados no REO, fato que pode ter sido influenciado pelo atual contexto de ensino remoto. Por fim, a inserção dessas atividades investigativas mostrou-se promissora em proporcionar a manifestação de diferentes tipos de habilidades, como também, de possibilitar aos estudantes reflexões nos quais eles não são habituados a ter.

**Palavras-chave:** Ensino por investigação. Titulações de oxirredução. Tipos de perguntas. Habilidades cognitivas.

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>3 UM PANORAMA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA TITULAÇÃO DE OXIRREDUÇÃO E O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS RELACIONADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4 OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Objetivos específicos.....</b>	<b>25</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Ensino Remoto Emergencial na UFLA .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Química Analítica Experimental II.....</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Relatando sobre a elaboração dos REOs e atividades.....</b>	<b>27</b>
<b>5.4 Metodologia de análise dos dados .....</b>	<b>30</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Roteiros experimentais propostos pelos grupos.....</b>	<b>33</b>
<b>6.2 Análise dos tipos de perguntas contidas no REO Investigativo I e níveis cognitivos das respostas.....</b>	<b>37</b>
<b>6.3 Algumas reflexões sobre as análises e relações com a abordagem investigativa ....</b>	<b>57</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉVIO .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B – REO INVESTIGATIVO I .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE C – REO INVESTIGATIVO II.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO “FEEDBACK DOS ESTUDANTES” .....</b>	<b>77</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Considerar os estudantes como tábulas rasas, receptores passivos de conhecimentos e incumbir à escola e aos professores o papel de preenchê-los com os mais variados tipos de conhecimentos está relacionado ao modelo tradicional de ensino. Em contraponto, a abordagem do ensino por investigação conjuntamente ao uso de diversas estratégias de ensino surge como uma alternativa promissora. Assim, o presente trabalho buscará discorrer sobre a inserção de atividades investigativas em uma disciplina de Química Analítica Experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Disciplinas dessa área são tidas, por boa parte dos estudantes, como de difícil compreensão. Fato esse que se tornou mais um motivador para a realização dessa pesquisa, além do atual cenário de pandemia que o mundo está vivendo e as adaptações necessárias nas práticas educativas. Nesse contexto foi proposto aos discentes da disciplina GQI111 – Química Analítica Experimental II o desafio de ressignificar um dos experimentos trabalhados ao longo da disciplina, a fim de abordar os conteúdos de maneira investigativa através de Roteiros de Estudos Orientados (REOs). O experimento escolhido: titulação de oxirredução.

Titulações são técnicas que, apesar de estarem constantemente sendo substituídas pelas análises instrumentais, fazem parte do cotidiano dos químicos, sejam licenciados ou bacharéis. Além disso, fazem parte da história da química sendo uma das primeiras técnicas de quantificação. Atrelar essa técnica com os conceitos de oxirredução pode ser um obstáculo para o entendimento dos estudantes. Assim, acreditamos que abordar as titulações de oxirredução de maneira investigativa pode contribuir positivamente para essa construção do conhecimento.

Em resumo, para tentar contemplar essas inquietações, este trabalho é composto por um breve levantamento bibliográfico acerca da abordagem de ensino por investigação, com foco na experimentação, bem como um levantamento bibliográfico a respeito das concepções e dificuldades que os estudantes têm ao se tratar das reações de oxirredução e titulações de oxirredução. Seguido da apresentação dos objetivos e metodologia empregada na análise dos dados. Também são apresentadas e discutidas as análises dos dados obtidos a partir da realização de estudo investigativo, no contexto do Ensino Remoto Emergencial, procurando relacioná-las com o referencial teórico. Por fim, são apresentadas algumas considerações finais e os materiais desenvolvidos podem ser consultados nos apêndices.

## 2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A EXPERIMENTAÇÃO

Apesar de aparentar nova, a abordagem de ensino por investigação desponta ainda no final do século XIX, nos EUA, com o surgimento do movimento progressista em oposição à pedagogia tradicional. Os progressistas defendiam que os processos de ensino e aprendizagem deveriam ser centrados na vida, unindo teoria e prática, sendo o aluno participante ativo da construção do conhecimento. Esse movimento teve como um de seus principais expoentes o filósofo John Dewey. Já na década de 1950, em decorrência do lançamento do satélite russo Sputnik, os norte-americanos voltaram à educação científica para a formação de cientistas e segurança americana, tendo Josef Schwab como principal pensador dessa corrente (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

No final da década de 1970, as ideias construtivistas e o movimento das concepções alternativas nascem tendo como propósito o estudo das ideias que os estudantes tinham sobre os fenômenos e como elas interferem nos processos de ensino e aprendizagem. No Brasil, apesar de ser citado nos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1997, o ensino de ciências por investigação ainda não está bem consolidado, tendo como um dos motivos a insegurança dos professores em se utilizar atividades investigativas e de se realizar experimentos. Atualmente, a investigação tem como finalidades o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos estudantes, a elaboração de hipóteses, capacidade de argumentação, entre outros (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011)

Com o passar dos anos, ficou evidente que o enaltecimento do conhecimento científico produzido pelos centros universitários, como únicos e verdadeiros, levou ao modelo de ensino onde as ideias prévias dos estudantes não eram consideradas, sendo, portanto, um processo passivo de transmissão e recepção de informações científicas (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

Carvalho (2018), na contramão desse modelo tradicional de ensino, define o ensino por investigação como

o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. (p. 766)

Nesse sentido, também concordamos com Ferraz (2015) ao compreender, partindo do pressuposto que ensinar ciências não se limita a ensinar conteúdos conceituais e, tão pouco, focar no ensino de processos e comportamentos da cultura científica, que o ensino por

investigação pode ser considerado como uma *abordagem didática*, pois, possibilita a utilização de diferentes práticas metodológicas e didáticas, que devem levar em consideração o perfil dos professores e alunos, bem como os recursos disponíveis para o desenvolvimento da aula. Desse modo, no presente trabalho vislumbramos a inserção da abordagem do ensino por investigação em uma disciplina experimental inserida no ensino superior.

As atividades experimentais no ensino de química vêm sendo, ao longo dos anos, debatida por vários pesquisadores e é tema recorrente em congressos da área. Nos últimos 20 anos, por exemplo, vários foram os focos de pesquisa referente às atividades experimentais como estratégia de ensino, dentre esses focos se destacam as concepções de professores e estudantes sobre a utilização dessa estratégia, o estímulo dos estudantes para com essas atividades, as dificuldades relacionadas à aplicação dessa estratégia pelos professores e etc. Entretanto, ainda há muito o que se refletir (SANTANA *et al*, 2014).

Analisando o potencial das atividades experimentais, podemos considerar os diferentes tipos de estratégias permitidas pela experimentação de forma a priorizar a aprendizagem significativa do conteúdo, de maneira a favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas pelos estudantes (GEPEQ, 2009). Destacando a estratégia de ensino Laboratório Aberto como promissora para o desenvolvimento dessas habilidades.

O primeiro ponto a ser considerado sobre essa estratégia é o que difere um Laboratório Aberto dos demais. Assim, denominaremos *laboratório tradicional* aquelas atividades realizadas em aulas práticas que envolvam apenas observações e medidas, sobre os fenômenos, estabelecidas pelos professores (BORGES, 2002). Podem ser realizadas, por exemplo, em pequenos grupos e devem seguir fielmente um roteiro pré-definido (“receitas de cozinha”), objetivando:

(i) Verificar/comprovar leis e teorias científicas: tal concepção gera, nos estudantes, uma excessiva atenção aos resultados do experimento, uma vez que, estes devem estar totalmente de acordo com a teoria. No caso de não obtenção dos resultados esperados é comum que os alunos corrijam suas observações e dados. Assim, as fontes de erros não são discutidas e o resultado se torna mais significativo que o processo;

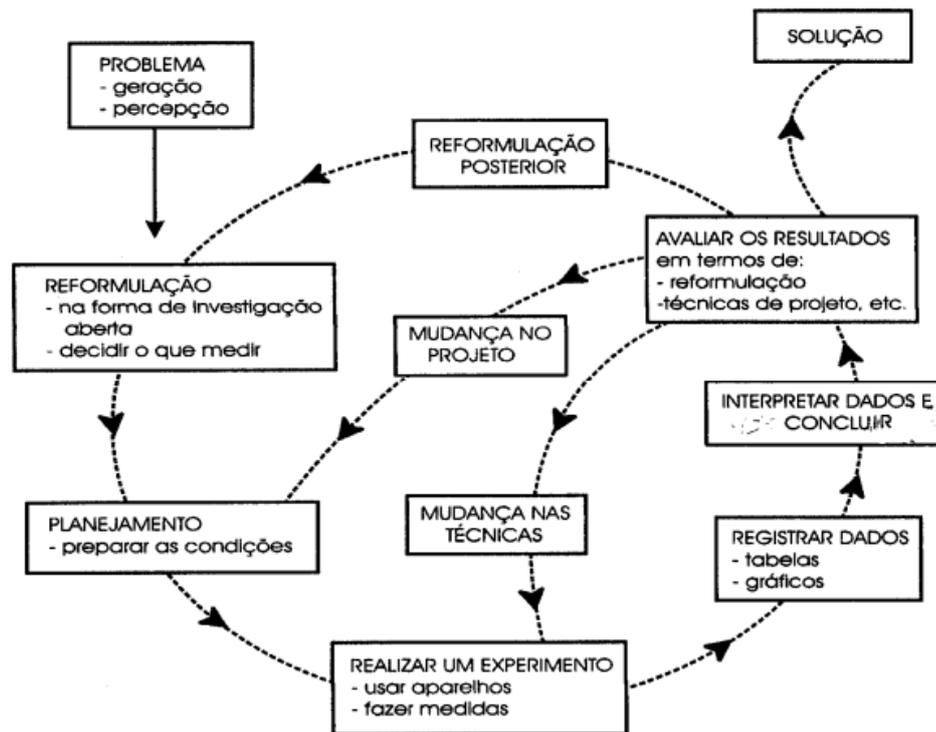
(ii) Ensinar o método científico: esse entendimento pressupõe que existe um único método científico que pode ser evidenciado por uma sequência de procedimentos, como um algoritmo. Com isso, os dados obtidos são puros, verdadeiros e confiáveis, independente dos ideais teóricos dos cientistas, ou seja, os mesmos dados serão obtidos por quaisquer observadores;

(iii) Ensinar habilidades práticas: essa última concepção pode ser entendida de duas maneiras, como desenvolvimento de habilidades relacionadas à observação, classificação, previsão, formulação de hipóteses cientificamente relevantes ou desenvolvimento de habilidades e práticas básicas de laboratório. A primeira remete a ideia ultrapassada de ciência como verdadeira e absoluta, uma vez que a relevância dos fenômenos depende das ideias prévias de cada observador. Já a segunda pode e deve ser desenvolvida nas aulas, uma vez que, regras, técnicas e procedimentos laboratoriais são necessários para a segurança e confiabilidade dos resultados obtidos e a proposição de atividades que pretendem desenvolver tais habilidades deve levar em consideração a familiaridade, ou não, dos estudantes com esses conceitos (BORGES, 2002).

Concepções similares a essas foram levantadas em recente trabalho, quase duas décadas depois, feito por Silva e colaboradoras (2020), ao questionar professores universitários sobre: “*O que você considera que diferencia uma disciplina experimental de uma disciplina teórica?*”. Obtendo 44% de respostas no sentido de “*Desenvolvimento de habilidades relacionadas ao laboratório*”, 22% para “*Aplicação do conhecimento*” e mais 22% para “*Reforço da assimilação*”, outras respostas caracterizaram 12% da pesquisa. Esses dados revelam que ainda há uma forte tendência de se utilizar estratégias tradicionais no ensino, inclusive no ensino superior. Essas concepções podem estar relacionadas à formação dos professores, que não tiveram contato com outras abordagens de ensino e, conseqüentemente, lecionam da mesma maneira que foram ensinados. Destacamos que a pesquisa de Silva e colaboradoras (2020) foi realizada no contexto do Ensino Remoto Emergencial, de maneira semelhante ao presente trabalho.

Na contramão dos laboratórios tradicionais existe a estratégia de ensino *laboratório aberto*, que reúne as principais características do ensino por investigação. Nessa estratégia, os estudantes “têm a oportunidade de participar de todas as etapas de uma investigação: levantamento de hipóteses, elaboração do procedimento experimental, coleta e análise dos dados e proposição de conclusões” (SUART; MARCONDES; LAMAS, 2010, p.201). Desse modo, os problemas podem não ter uma solução pré-definida, obtida através de resolução de algoritmos, permitindo, assim, que os estudantes errem, reflitam sobre os erros, proponham mudanças e aprendam durante todo o processo. A Figura 1, a seguir, apresenta um possível esquema de solução de problema, na abordagem do ensino por investigação que pode ser inserida em um laboratório aberto.

Figura 1 – Etapas na resolução de um problema aberto.



Fonte: Borges, 2002, p.309

A Figura destaca, portanto, que um problema não precisa ser proposto, resolvido, socializado e concluído de maneira linear, é possível que, no decorrer do percurso investigativo, os estudantes sintam a necessidade de revisar o planejamento de resolução do problema proposto, por exemplo. Também é possível que alterações nas técnicas sejam necessárias. Assim, a resolução de problemas na perspectiva da abordagem investigativa utilizando-se da estratégia de ensino laboratório aberto seja focada nos processos de ensino e aprendizagem e não no resultado final, ao contrário da abordagem tradicional de ensino. Portanto,

Quando falamos em investigação, temos como pressuposto as ações e as atitudes que permitem a resolução prática de um problema e as ações e atitudes envolvidas no processo de compreensão das ações práticas executadas. Trata-se, portanto, de um movimento cíclico, de considerar o que se faz e de colocar em prática aquilo sobre o que se reflete (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017. p. 15).

Alguns professores podem argumentar não ser possível fazer uso do laboratório aberto e a abordagem do ensino por investigação, pois não têm tempo para executar atividades com as características citadas e porque precisa contemplar um número elevado de conceitos nas aulas. Realmente fazer uso de atividades ou estratégias com abordagem investigativa exige tempo, estudo e planejamento, por parte dos professores, não sendo, portanto, adotadas

abruptamente. Os estudantes também precisam ser inseridos nessa cultura e incentivados a participar de maneira mais ativa nas aulas e construção dos conhecimentos. Uma alternativa que pode facilitar a utilização dessas estratégias e a abordagem do ensino por investigação é começar a pensar o planejamento das disciplinas a partir de projetos e não de aulas sequenciadas ou com estruturas tão rígidas; ou começar a estruturar projetos extracurriculares complementando a formação dos estudantes.

Vale ressaltar, portanto, a importância do professor como mediador de todo esse processo de significação e ressignificação, ou seja, o professor deixa de ser o transmissor de conhecimento e passa a proporcionar que os estudantes cheguem a conclusões cientificamente aceitas. Esse intermédio pode ser feito por questionamentos e proposição de problemas, de maneira a respeitar as múltiplas ideias que surgirem ao longo das atividades (SUART; MARCONDES; LAMAS, 2010).

Corroborando com as ideias apresentadas, ressaltamos o conceito de grau de liberdade que está relacionado à maneira como o professor permite que os estudantes expressem suas ideias e pensamentos. Apesar de grande parte dos professores concordarem que a argumentação feita pelos estudantes ser de suma importância para a construção do conhecimento, na prática, geralmente não é dado aos alunos essa oportunidade, uma vez que, ao fazerem questões, os próprios professores as respondem, sem esperar resposta dos alunos, dando continuidade à explicação do conteúdo. Assim, diferentes graus de liberdade podem ser proporcionados durante a execução de uma atividade, seja experimental ou não. O Quadro 1, a seguir, apresenta os graus de liberdade em atividades experimentais, interesse desse trabalho, onde P refere-se ao professor e A ao aluno (CARVALHO, 2018).

Quadro 1 – Graus de liberdade em atividades experimentais

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipótese	P	P/A	P/A	A	A
Plano de Trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Carvalho, 2018. p. 768.

Os Graus 1 e 2, com pequenas diferenças, caracterizam o modelo tradicional de ensino. No primeiro, conhecido como “receitas de cozinha”, os estudantes são apresentados,

pelo professor, ao problema, a hipótese e ao plano de trabalho. Assim, resta aos discentes a realização da atividade proposta tal qual como ela é apresentada para comprovação da teoria, ou seja, as conclusões também são apresentadas, anteriormente, pelo professor. Já o Grau 2, apesar de ter maior discussão das hipóteses, plano de trabalho e conclusões, ainda é a resposta do professor que orienta as atividades (CARVALHO, 2018).

Os graus 3 e 4 já podem ser classificados como ensino por investigação, uma vez que os estudantes são parte ativa do raciocínio intelectual. No grau 3 ainda há maior dependência do professor, entretanto, são os alunos que procuram como realizar os experimentos. No grau 4 são os alunos que propõem as hipóteses, plano de trabalho e obtém os dados, entretanto, é o professor que traz o problema a ser resolvido e, quando solicitado, discute dúvidas. No final, todos debatem as conclusões. O grau 5, raramente encontrado na educação básica, tem os alunos como propositores do problema, diferindo assim, do grau 4 (CARVALHO, 2018).

Ressaltamos que não é possível categorizar, a priori, a estratégia de ensino laboratório aberto com o grau máximo de liberdade (grau 5), uma vez que, a forma como a atividade é proposta aos estudantes, bem como a maneira que ela é desenvolvida, é que vai mostrar o quanto os professores possibilitaram que os estudantes expressassem suas ideias e opiniões.

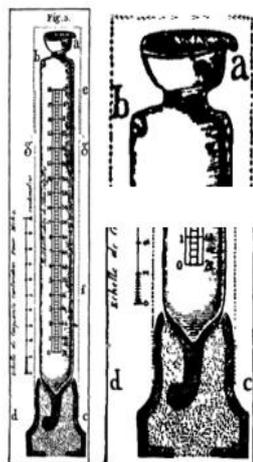
No presente trabalho objetivamos desenvolver uma atividade experimental com características investigativas no ensino superior, envolvendo conceitos de oxirredução, no contexto do Ensino Remoto Emergencial. Destacamos que devido a pandemia de COVID-19, que envolve todas as nações, foi preciso adaptar as atividades inicialmente planejadas. Tínhamos a pretensão de elaborar uma atividade considerando as ideias do laboratório aberto, entretanto, com o advento da pandemia e a impossibilidade de execução da parte prática presencialmente foram necessárias várias adaptações. De antemão destacamos a opção de elaborar Roteiros de Estudos Orientados (REOs), com características investigativas, por acreditar que tal ação poderia contribuir com a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos alunos.

### 3 UM PANORAMA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA TITULAÇÃO DE OXIRREDUÇÃO E O ENSINO E APRENDIZAGEM DE CONCEITOS RELACIONADOS

Foi a partir dos trabalhos de Descroizilles, farmacêutico de formação, mas de atuação eclética, no final do século XVIII, que surge um novo tipo de titulação conhecida como titulação redox, titulação de oxirredução ou titulação de oxido-redução. Seu método constituía na determinação de hipoclorito em soluções usadas pelas indústrias têxteis para branquear tecidos. Para isso, ele adicionou uma quantidade medida de ácido sulfúrico diluído contendo índigo como indicador em um cilindro graduado (*alkalimeter*, posteriormente chamada de bureta). Depois, foi adicionando levemente à solução de hipoclorito que estava sendo analisada até que a solução final mudasse de azul para verde claro. Por fim, Descroizilles leu o volume das graduações ao lado do cilindro (BECK, 1994; JOHANSSON, 1988; TERRA; ROSSI, 2005).

É certo que, na época, Descroizilles não possuía todo o equipamento que se tem hoje, visto que, o próprio cientista foi responsável pela criação de alguns equipamentos, como a bureta (apresentada na Figura 2), que são utilizados até hoje em análises clássicas. O desenvolvimento de seu método foi de grande importância para consolidar algumas técnicas de análises quantitativas que, na época, foram duramente criticadas pela comunidade científica por ter surgido de maneira empírica. Sendo assim, Descroizilles acrescentou a titulação redox aos já conhecidos métodos de análises volumétricas (ácido-base e precipitação) (BECK, 1994; JOHANSSON, 1988; TERRA; ROSSI, 2005).

Figura 2 – Alkalimeter inventado por Descroizilles.



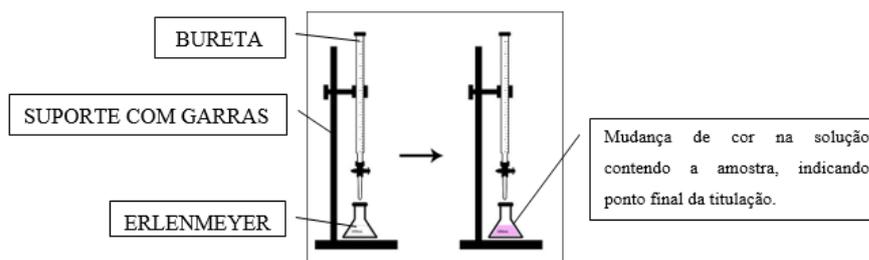
Fonte: Johansson, 1988. p.101

Na Figura 2 observa-se no topo do cilindro uma abertura (a) para auxiliar no despejo dos líquidos e um pequeno orifício (b) para permitir passagem de ar. Assim, é possível o gotejamento da solução titulante na amostra em análise movendo o dedo pela abertura, permitindo ou não a passagem de ar (JOHANSSON, 1988). O tubo de vidro, com 20 a 25 cm de altura e 14 a 16 mm de diâmetro, tinha a extremidade inferior fechada e encaixada em um suporte. A escala tinha grandes divisões e cada uma era subdividida em 4. O espaço entre o fundo da vidraria e a primeira marcação era destinada à amostra a ser analisada (DUVAL, 1951).

O conhecimento de indicadores redox foi o principal problema, no passado, para a realização das titulações de oxirredução. Com isso, técnicas que usavam autoindicadores, como a permanganometria, eram as mais utilizadas. Só em 1924 que o primeiro indicador foi introduzido, difenilamina, para a quantificação de ferro (II) por dicromatometria (BURNS; SZABADVARY; ZOLOTOV, 2019).

Vale ressaltar que o termo titulação se refere ao procedimento em que o reagente de concentração exatamente conhecida (titulante) reage com o composto que se deseja analisar (analito). Os termos para variedades de titulações podem refletir a natureza da reação entre titulante e analito (ácido-base, complexação, precipitação e oxirredução) ou podem refletir a natureza do titulante empregado (acidimetria, alcalimetria, iodometria, iodimetria, permanganometria, dicromatometria, etc.) (IUPAC, 2019). Portanto, entende-se por titulação de oxirredução como um método de quantificação que utiliza de reações de oxidação e redução entre analito e titulante. Este método utiliza dos mesmos componentes (bureta, erlenmeyer, suporte com garras e indicador) de outras titulações como a ácido-base, precipitação e complexação (HAGE; CARR, 2011). Na Figura 3 pode ser observado um esquema da aparelhagem comumente usados nas titulações. A quantificação do analito se dá através da quantidade gasta de titulante que se relaciona estequiometricamente com o analito.

Figura 3 – Aparelhagem utilizada, geralmente, em titulações.



Fonte: Internet<sup>1</sup>

Para compreender como se dá o ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos nesse método de análise é preciso, antes, entender, de maneira geral, como são ensinados os conceitos de oxidação e redução no ensino superior, uma vez que problemas na compreensão desses podem acarretar dificuldades significativas no aprendizado de titulações de oxirredução.

Em levantamento feito por Nogueira e colaboradores (2017) de publicações sobre o assunto no período de 2000 a 2014, foram encontrados 100 trabalhos sobre o ensino de reações redox em eventos nacionais na área de educação, sendo 35% realizados no ensino superior e outros 2% para educação básica e superior. Esses trabalhos utilizaram diferentes estratégias de ensino. A seguir são apresentados alguns desses trabalhos, disponíveis online, e que fazem parte do panorama (2000-2014) levantado pelos autores.

Czekster, Agostinho e Maximiano (2011) utilizaram um Estudo de Caso (EC) abordando conceitos como: potencial padrão de redução, eletrólise e espontaneidade de reação, além de questões econômicas e ambientais. O trabalho envolvia a resolução de um problema enfrentado por uma mineradora de cobre que precisaria alterar o método de extração devido à mudança na matéria-prima. Teve como público-alvo 17 estudantes da disciplina de Química Básica do curso de licenciatura em Geociências e Educação Ambiental. A pesquisa se deu aplicando questionários antes e após o EC, a fim de verificar a compreensão de conceitos da eletroquímica. Além disso, os estudantes tiveram aulas expositivas e experimentais sobre o assunto tratado. Os resultados demonstraram que 10% das respostas do pré-teste estavam corretas antes da aplicação do EC e que, após, subiu para 69% de acertos, além de melhora na utilização da linguagem química. Isso indica que a utilização de abordagens investigativas pode proporcionar maior aprendizagem, não somente dos conceitos cientificamente aceitos, mas também da maneira de expressá-los corretamente, com clareza e coerência.

<sup>1</sup> **Fonte:** <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-titulacao.htm> último acesso em 04/03/2021.

Já Gomes e colaboradores (2014) apresentaram a construção de um biossensor para dosagem de caldos culinários, utilizando materiais diversificados. Entretanto, os estudantes não participaram ativamente da construção do equipamento. Com isso, os discentes da disciplina de Prática de Ensino I do 7º período de Química licenciatura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) deveriam observar os fenômenos e, em seguida, refletir sobre a funcionalidade do biossensor e como pode ser usado para facilitar a compreensão dos “processos de oxidação e redução como um intercâmbio de elétrons e que o potencial eletroquímico gerado no sistema utilizado depende da concentração de íons formado na reação” (GOMES *et al*, 2014. p.1665). Contudo, apesar da dificuldade em relacionar o potencial eletroquímico com as reações redox, os autores do trabalho destacam os experimentos investigativos como auxiliares no processo de aprendizagem devido à participação ativa na construção do conhecimento, contribuído pela interação entre os indivíduos. Ressaltamos a falta de informações sobre o desenvolvimento dos experimentos e como ocorreu a participação dos estudantes durante todo o processo.

Outra estratégia de ensino foi adotada por Capim e Lima-Júnior (2014), que utilizaram de um laboratório virtual antes da realização dos experimentos em laboratório, na disciplina de Química Geral e Experimental II do curso de licenciatura em Química. Com isso, os autores avaliaram se essa estratégia poderia auxiliar os estudantes a compreenderem melhor os conceitos e os procedimentos experimentais. Constatou-se que os estudantes conseguiram relacionar melhor os conceitos; os tempos de execução das práticas em laboratório, pós-uso do laboratório virtual, diminuíram, e os resultados simulados foram parecidos com os experimentais. Além disso, após o término da disciplina, todos os estudantes afirmaram que utilizarão dessa estratégia quando forem lecionar. Sendo assim, percebe-se que utilizar de diferentes estratégias nas disciplinas de conhecimento técnico-científico da licenciatura também pode acarretar em diversificação das aulas na educação básica, uma vez que os futuros professores já tiveram contato com essas estratégias.

O trabalho de Freire e colaboradores (2011) teve por objetivo a discussão das ideias de licenciandos, sobre as dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem, dos conceitos envolvendo oxirredução. A pesquisa foi realizada em três etapas: a primeira e segunda consistiram num questionário e discussão a fim de levantar as opiniões dos futuros professores sobre o que eles entendem por dificuldades de aprendizagem de conceitos químicos no geral e, especificamente, nos conceitos associados à eletroquímica. A respeito dos dados obtidos para a reflexão mais generalista, constatou-se que essas dificuldades estão relacionadas a fatores inerentes à química, por exemplo, a existência de três níveis de

descrição da matéria (macroscópico, submicroscópico e representacional), o caráter evolutivo dos modelos/teorias, termos com significados diferentes usados no cotidiano e na química, entre outros, além de fatores intrínsecos aos professores e estudantes, tais como contextos socioculturais e motivacionais (CAAMAÑO, 2007).

Ainda na segunda etapa, foi aplicada uma prova sobre os conceitos químicos discutidos e também foi possibilitado que os estudantes refletissem sobre as dificuldades encontradas para responder algumas questões sobre: os processos de oxirredução, sentido do fluxo de elétrons, semicélula que haveria diminuição da concentração, função da ponte salina relativas à Pilha de Daniel e a Pilha de Concentração (FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011). O resumo dos dados obtidos a partir da prova está sistematizado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Resumo dos dados obtidos a partir da prova pedagógica do trabalho de Freire; Silva Júnior e Silva (2011).

Conceitos	Porcentagem de acertos		Principais dificuldades discutidas
	Pilha de Daniel	Pilha de concentração	
<b>Processos de Oxidação-Redução</b>	66%	38%	Desconhecimento da pilha de concentração (38%)
<b>Sentido do fluxo de elétron</b>	47,6%	38%	Não lembrar os conceitos químicos (29,41%)
<b>Semicélula que houve diminuição da concentração</b>	57%	57%	Não foi apresentada no trabalho
<b>Função da ponte salina</b>	28%	28%	Não foi apresentada no trabalho

Fonte: Do autor (2021)

Nota-se a partir da observação da Tabela 1 que os licenciandos apresentaram algumas dificuldades relacionadas aos conceitos envolvendo oxirredução ao responderem a prova, como por exemplo, não lembravam a função da ponte salina; nesse caso a porcentagem de acertos não atingiu 30% das respostas obtidas. Na coluna “principais dificuldades discutidas”, foram sistematizadas as ideias refletidas pelo grupo durante as atividades. Destacando, assim, a importância de oportunizar discussões sobre os conceitos científicos e os processos de ensino e aprendizagem ao longo da graduação (FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011).

A terceira e última etapa possibilitou que os licenciandos avaliassem a possibilidade, ou não, do uso de dois experimentos para o ensino dos conceitos de oxirredução na educação básica, tendo como tema o fenômeno da maresia; o primeiro experimento consistia em colocar uma gota de uma solução aquosa de cloreto de sódio, fenolftaleína e ferricianeto de

potássio em uma tampa de metal lixado; o outro experimento consistia em reagir vários metais com ácido clorídrico, a fim de observar as velocidades de reações (SANJUAN *et al* 2009). Assim, os licenciandos deveriam levantar, em grupos, as vantagens e desvantagens da utilização de tal proposta, justificando se aplicariam ou não. Com isso, 76% dos discentes apoiaram a aplicação, porém, levando em consideração apenas a facilidade e a não toxicidade do experimento, excluindo argumentos de cunho didático. Em contrapartida, 23% dos graduandos não apoiaram a aplicação da proposta pedagógica, devido à complexidade da linguagem necessária para explicar os conceitos e dificuldades estruturais das escolas. Contudo, após dialogarem, todos concluíram que seria possível pôr em prática os experimentos analisados, sendo necessário adaptar a proposta de acordo com as limitações de cada escola (FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011).

Agora voltado especificamente para uma atividade prática envolvendo titulação redox em si, tem-se o trabalho de Sousa e colaboradores (2012) intitulado “Determinação de cloro em alvejantes por oxirredução: uma prática didática para o ensino de química analítica”. Neste trabalho os autores propõem uma prática diferente das que são geralmente encontradas nas disciplinas de Química Analítica Quantitativa, que são: determinação de metais e/ou peróxido em água oxigenada por permanganometria e/ou iodometria e/ou dicromatometria. O experimento apresentado consiste na reação entre o hipoclorito do sódio, princípio ativo do alvejante, e iodeto de potássio em meio ácido. Ao adicionar amido como indicador, a solução adquire coloração azul, pois forma um complexo de inclusão com o triiodeto molecular formado na etapa anterior, que deve tornar-se transparente ao ser titulada com tiosulfato de sódio, indicando o ponto final. O teor de hipoclorito é calculado indiretamente pela relação entre o triiodeto formado e o tiosulfato consumido na titulação, técnica conhecida como iodometria (HARRIS, 2017). Destaca-se que os autores não fizeram uma análise do planejamento ou ministração da aula, pois o foco do trabalho era apresentar a prática.

Destacamos também o trabalho de Espimpolo e colaboradores (2016) que abordou a resolução de um problema: reposição de ferro no organismo (momento 1) e a utilização de um simulador de pilhas (momento 2) na aprendizagem de conceitos eletroquímicos, além da análise do papel do professor como mediador do processo. A pesquisa foi feita na disciplina de Química Geral Experimental do curso de licenciatura em Química da Universidade de São Paulo. No primeiro momento, as conversas tiveram como objetivo o levantamento de possibilidades para repor a falta de ferro no organismo de uma criança, cuja família não tinha condições de adquirir o medicamento. Assim, os graduandos concluíram, mediados pelo

professor ao intervir por meio de perguntas norteadoras, que existem alimentos ricos em ferro e que, ao serem consumidos em conjunto com suco de laranja, tem seu número de oxidação alterado para que possa ser absorvido.

Já no segundo momento, a utilização de um *software* auxiliou na compreensão de aspectos do nível atômico-molecular ao proporcionar que os estudantes, também orientados pelo professor, escolhessem diferentes metais na construção de pilhas. Com isso, conceitos como oxidação, redução, catodo, anodo, agente redutor, agente oxidante, semi-reações, potencial padrão, transferência de elétrons, espontaneidade das reações, variações das concentrações e ponte salina puderam ser compreendidos com mais facilidade (ESPIMPOLO *et al*, 2016). Ressaltamos que, por se tratar de um resumo simples apresentado em congresso, o trabalho citado carece de muitas informações e não foram apresentados dados que corroborem a informação relacionada à maior facilidade de compreensão por parte dos estudantes.

No trabalho de Goes, Fernandez e Agostinho (2016) foram analisados questionários com 11 perguntas abertas sobre conceitos fundamentais de eletroquímica, que foram respondidos por 17 professores de química da educação básica de São Paulo. A análise dos dados está resumida na Tabela 2 a seguir. As respostas categorizadas pelos autores como parcialmente corretas, não foram contabilizadas na porcentagem de acertos, entretanto, algumas delas aparecem como exemplos de respostas incorretas mais frequentes, sendo sinalizadas (p), quando houver um número expressivo dessas respostas em comparação com as incorretas.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 2, percebem-se algumas concepções alternativas comuns, que estão presentes até mesmo nas ideias de professores já atuantes. Entre elas destacam-se a definição de reações redox como reações exclusivas com a presença de oxigênio. Além disso, conceitos generalistas foram empregados em resposta a perguntas específicas, como aconteceu ao se responder “Troca de elétrons” para a pergunta “Defina o termo pilha”, uma vez que, trocas de elétrons ocorrem em todos os processos redox, não sendo exclusivo às pilhas. Respostas consideradas parcialmente corretas (p) foram assim classificadas, pelos autores, às respostas que apresentaram trechos corretos e/ou fórmulas sem explicações dos sentidos físico-químicos a elas atribuídos. Com isso, percebe-se que a aprendizagem de conceitos-chaves para a compreensão da eletroquímica ainda é bastante limitada. Sendo esses, muitas vezes conceituados, incorretos ou incompletos, mesmo por professores atuantes, de maneira algorítmica, sem se preocupar com os significados que as grandezas e os termos possuem (GOES; FERNANDEZ; AGOSTINHO, 2016).

Tabela 2 - Resumo das respostas dadas à pesquisa de Goes, Fernandez e Agostinho (2016)

QUESTÃO	ACERTOS	RESPOSTAS MAIS FREQUENTES	
		CORRETA	INCORRETA
Defina reações de oxirredução	88,23%	Transferência de elétrons.	Produz corrente; Reação com oxigênio.
Defina o termo oxidante	45%	Ganha elétron.	Aumento do NOX.
Defina o termo redutor	45%	Perde elétron.	Diminui NOX.
Defina o termo eletrodo	0%	-	Troca de elétron; Conduz corrente.
Defina o termo pilha	37,5%	Geram eletricidade.	Troca de elétron; Conduz corrente.
Defina o termo célula eletrolítica	11,76%	Precisa de energia para ocorrer redox.	Decomposição por corrente.
Defina o termo ponte salina	11,76%	Transmite corrente Permite o fluxo de cargas.	Balanco iônico (p); Água salgada em dois eletrodos.
O que se entende por força eletromotriz (fem) de uma pilha?	5,88%	Maior DDP.	DDP (p); Energia gerada.
Como se mede a força eletromotriz (fem)?	11,76%	Voltímetro.	$E_{red} - E_{oxi} (p)$ ; $V = E - r \cdot i (p)$ .
De que grandeza depende a força eletromotriz (fem) de uma pilha?	5,88%	Potencial de redução.	V.
Como se calcula a força eletromotriz (fem)	0%	-	$E_{red} - E_{oxi} (p)$ ; DDP.

Fonte: Do autor (2021)

Já em sua tese de doutorado, Goes (2018) destaca alguns modelos que podem explicar as reações de oxirredução, a saber:

- Modelo de oxigênio (redução = perda de oxigênio e oxidação = ganho de oxigênio);
- Modelo de hidrogênio (redução = ganho de hidrogênio e oxidação = perda de hidrogênio);
- Modelo de transferência de elétrons (redução = ganho de elétrons e oxidação = perda de elétrons);
- Modelo do número de oxidação (redução = diminuição do NOX e oxidação = aumento do NOX).

Goes (2018) também elenca o uso desses diferentes modelos ao longo dos anos para a explicação dos fenômenos como uma das dificuldades que estudantes têm na assimilação do conteúdo e, até mesmo, de professores ao ensiná-los. Outros obstáculos a compreensão dos conceitos estão relacionados à complexidade dos termos científicos, à inexistente relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico nos fenômenos de oxirredução e ao

vocabulário confuso utilizado pelos professores e livros didáticos na explicação desses conceitos. Também são listadas, em sua tese, concepções alternativas relacionadas a reações de oxirredução e eletroquímica encontradas na literatura, que devem ser de conhecimento dos professores ao abordarem esses conceitos com estudantes da educação básica e do ensino superior. No Quadro 2, a seguir, tem-se as principais concepções alternativas relatadas na literatura (GOES, 2018).

No Quadro 2 são sistematizadas 41 concepções alternativas que podem estar presentes nas ideias dos estudantes da educação básica, ensino superior e professores em exercício. Segundo Goes (2018) tais concepções alternativas podem ser geradas, dentre outros fatores, pelas diferentes convenções adotadas na Química e na Física, bem como a utilização de diferentes modelos, que pode acarretar em generalização de um modelo para todos os fenômenos, e/ou descrições e ilustrações presentes nos textos referentes ao conteúdo.

Caramel e Pacca (2011) também realizaram um trabalho visando levantar as concepções alternativas de estudantes do 3º ano do ensino médio e discentes do curso de licenciatura e bacharelado em Química relacionadas aos conceitos de eletroquímica e circulação da corrente elétrica. As autoras concluíram que as concepções alternativas são universais, sendo encontradas em todos os níveis de educação, inclusive entre professores, ainda que diferenças específicas para cada nível possam surgir. Além disso, foram evidenciadas dificuldades em explicar os fenômenos microscopicamente.

Diante ao exposto, no presente trabalho, foram elaborados REOs para uma disciplina experimental envolvendo os conceitos de oxirredução no contexto de Ensino Remoto Emergencial considerando a abordagem do ensino por investigação.

Quadro 2 – Principais concepções alternativas relacionadas a oxirredução e eletroquímica.  
(continua)

Oxidação e Redução	O estado de oxidação de um elemento é o mesmo que a carga do íon monoatômico desse elemento.
	Em todas as equações, a adição e a remoção de oxigênio podem ser usadas para identificar uma reação de oxidação ou redução.
	Nas equações químicas, a mudança de cargas de espécies poliatômicas pode ser usada para identificar uma reação de oxidação ou redução.
	Os processos de oxidação e redução ocorrem independentemente.
	Números ou estados de oxidação podem ser atribuídos a moléculas poliatômicas ou a íons.
	A carga de espécies poliatômicas indica o estado de oxidação da molécula ou do íon.
	Em uma equação, mudanças nas cargas de espécies poliatômicas podem ser usadas para determinar o número de elétrons removidos ou ganhos pelas espécies reativas.
Corrente Elétrica	A eletricidade na Química e na Física é diferente porque o fluxo de corrente ocorre em direções opostas.
	Elétrons movem-se em solução pela atração alternada de um íon para outro.
	Quando um eletrólito conduz corrente, elétrons movem-se para um íon no cátodo e são transportados por esse íon para o ânodo.
	Em uma pilha os ânions e cátions são atraídos uns pelos outros e isso afeta o movimento dos íons nos eletrodos.
	Elétrons movem-se através dos eletrólitos por serem atraídos por íons positivos em solução.
	Prótons fluem nos condutores metálicos.
	A corrente convencional é o fluxo de cargas positivas (geralmente prótons).
	Os elétrons fluem nos eletrólitos.
	Prótons e elétrons fluem em direções opostas em um eletrólito.
	O movimento de íons em solução não constitui uma corrente elétrica.
	Elétrons podem fluir pela solução aquosa sem assistência dos íons.
	Apenas as cargas negativas constituem o fluxo de corrente no eletrólito e na ponte salina.
Prótons fluem em eletrólitos (independentemente se a solução é ácida, básica ou neutra).	
Ponte Salina	Em uma célula eletroquímica, a ponte salina fornece elétrons necessários para completar o circuito.
	A ponte salina auxilia no fluxo de corrente (ou seja, no fluxo de elétrons porque os íons positivos na ponte atraem os elétrons de uma meia-célula para outra meia célula).
	Ânions na ponte salina e nos eletrólitos transferem elétrons do cátodo para o ânodo.
	Cátions na ponte salina e no eletrólito aceitam elétrons e transferem do cátodo para o ânodo.
Ânodo e Cátodo	O ânodo é carregado positivamente porque ele perde elétrons e o cátodo é carregado negativamente porque ganha elétrons.
	O ânodo é carregado negativamente e por isso atrai cátions, o cátodo é carregado positivamente e por isso atrai ânions.
	Nas tabelas de potenciais de redução padrão, a espécie com maior potencial é o ânodo.
	A lista de potenciais padrão de redução coloca a reatividade dos metais em ordem decrescente de cima para baixo.
	A identificação do ânodo e do cátodo depende da localização física da meia célula.
	Ânodos, como ânions, sempre são carregados negativamente, cátodos, como cátions, são carregados positivamente.
Funcionamento das células eletroquímicas	Elétrons entram na solução pelo cátodo, viajam pelo eletrólito (e/ou pela ponte salina) e emergem no ânodo para completar o circuito.
	Nas células eletroquímicas, os ânions e cátions movem-se até que suas concentrações nas meias células sejam iguais.

Quadro 2 – Principais concepções alternativas relacionadas a oxirredução e eletroquímica.  
(conclusão)

Diferença de Potencial	Uma diferença de potencial entre dois pontos é exclusivamente devido a diferenças na concentração de carga nesses pontos.
	Há uma concentração elevada de elétrons no ânodo.
	Existe uma baixa concentração de elétrons no cátodo.
	Os elétrons deixam o ânodo, onde existe uma elevada concentração de elétrons e movem-se através do circuito externo para o cátodo, onde existe uma baixa concentração de elétrons.
	A designação do E0 para a semicélula padrão $H_2(1\text{atm}) / H^+(1M)$ ser zero não é arbitrária pois é baseada na química do $H^+$ e $H_2$ .
	Não há necessidade de uma meia célula padrão.
	Potenciais de meia célula são absolutos na natureza e podem ser usados para prever a espontaneidade das meias células.
	Potenciais das células são derivados da adição individual dos potenciais de redução.
	Potenciais de meia célula não são propriedades intensivas.

Fonte: Goes, 2018. p. 24-25.

## **4 OBJETIVO GERAL**

Analisar a inserção de uma atividade experimental, com características investigativas, no curso de licenciatura em Química, no contexto do Ensino Remoto Emergencial, da UFLA.

### **4.1 Objetivos específicos**

- Analisar os tipos de perguntas (SUART; MARCONDES, 2009) propostas em um REO sobre titulação de oxirredução;
- Analisar as habilidades cognitivas (SUART; MARCONDES, 2009) manifestadas pelos estudantes frente às perguntas propostas;
- Identificar as principais dificuldades e concepções alternativas dos estudantes.

## **5 METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa, pois o propósito da pesquisa não está voltado para a representatividade numérica que a análise dos dados possa revelar, mas foca-se em compreender e aprofundar os fenômenos estudados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009), destacando que os dados coletados são predominantemente descritivos, dando atenção especial ao significado que os participantes expressam para diversas situações. Pode ser caracterizado como um estudo de caso por estar inserido em um contexto específico, priorizar o detalhamento e fornecer uma visão mais profunda da situação analisada (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

### **5.1 Ensino Remoto Emergencial na UFLA**

Devido a pandemia de COVID-19 que assolou o mundo no ano de 2020 e continua no ano de 2021, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) optou por suspender as atividades letivas presenciais no dia 18 de março de 2020 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2020a).

Antes disso, o Ministério da Educação (MEC) já havia autorizado no dia 17 de março de 2020, por trinta dias prorrogáveis, a substituição das disciplinas presenciais, em andamento, por atividades que utilizassem meios e tecnologias da informação e comunicação (BRASIL, 2020a); prorrogaram-se o prazo citado por mais trinta dias (BRASIL, 2020b) e em seguida foi publicada a portaria nº 544 do MEC autorizando a substituição citada até 31 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020c). Com isso, em 14 de maio de 2020 foi aprovada a Resolução CEPE nº 059 que dispunha sobre a retomada das atividades por meio do Estudo Remoto Emergencial (ERE) na UFLA, ou seja, por meio de um conjunto de atividades elaboradas por intermédio de tecnologias digitais de informação e comunicação que abrangesse os estudos de forma orientada e autônoma, como também, aulas expositivas gravadas ou aulas dialogadas transmitidas por webconferência, a partir do dia 18 de maio de 2020, com previsão de retorno presencial em 08 de agosto (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2020b).

Como a pandemia não foi controlada a tempo de permitir que as atividades letivas retornassem presencialmente, a Resolução CEPE nº 089 alterou o disposto na resolução citada anteriormente permitindo a finalização do semestre por meio de atividades remotas.

Nesse período letivo, os docentes responsáveis pelas disciplinas foram orientados a produzir Roteiros de Estudos Orientados (REOs), com indicações de materiais didáticos e/ou aulas gravadas ou qualquer outra forma de apresentação de conteúdo. Esses REOs deveriam ser desenvolvidos pelos estudantes durante uma ou duas semanas, a critério do professor, e gerar um produto (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2020c). Todo o material deveria ser disponibilizado preferencialmente via Campus Virtual, plataforma digital utilizada pela instituição, semelhante ao *moodle*, antes de iniciar o ERE.

Em função da manutenção das condições sanitárias, decorrentes da pandemia, o calendário letivo para o segundo semestre de 2020 também foi publicado no formato de ERE. E as atividades das diferentes disciplinas deveriam continuar por meio dos REOs (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2020d).

## 5.2 Química Analítica Experimental II

A GQI111 – Química Analítica Experimental II é uma disciplina obrigatória do quarto período para os cursos de licenciatura e bacharelado em Química da UFLA. Tem por objetivo principal o estudo das técnicas quantitativas de análises químicas, tais como: gravimetria, titulações (ácido-base, complexação, oxirredução e precipitação), análises instrumentais (Espectrometria de chama e Espectrometria de Absorção na região do UV-Visível) e titulações potenciométricas, por meio da experimentação.

No contexto de ERE, a disciplina se deu de maneira remota e com REOs semanais. Esses REOs continham, majoritariamente, atividades curtas, com prazos bem definidos, e era oferecida aos estudantes a oportunidade de tirar dúvidas com os professores por meio do Campus Virtual, e-mail ou webconferência. Essa disciplina também possuía um monitor voluntário que realizava webconferências em horários pré-definidos e um grupo de *WhatsApp*<sup>®</sup> para esclarecimento de dúvidas.

## 5.3 Relatando sobre a elaboração dos REOs e atividades

O Estudo Investigativo, composto por dois REOs, foi elaborado pelos professores da disciplina GQI111 (professor da turma da licenciatura e professor da turma do bacharelado), a orientadora e o autor deste trabalho, por meio de webconferências para discussão das atividades que seriam propostas aos estudantes, bem como os prazos para entrega dos

produtos desenvolvidos por eles. Realçamos que para o presente trabalho foram acompanhados os semestres letivos 2020/1 e 2020/2. No primeiro semestre foi realizado um estudo piloto e no semestre seguinte a reelaboração das atividades a partir das reflexões realizadas.

No início de cada semestre os estudantes e professores da disciplina GQI111 assinaram um termo de assentimento concordando que os produtos gerados poderiam ser utilizados como dados para o presente trabalho de conclusão de curso, assegurando o anonimato quanto a identidade dos envolvidos.

Ao longo dos dois semestres, os professores foram orientados a adicionar, nos diferentes REOs, atividades um pouco mais investigativas para que os estudantes não se surpreendessem com a proposição dos REOs Investigativos.

A seguir são descritas as atividades que foram contempladas no Estudo Investigativo sobre titulação de oxirredução, que poderiam ser realizadas em dupla ou individualmente durante o semestre 2020/2. A primeira atividade contemplada foi a solicitação para que os estudantes respondessem um questionário prévio (APÊNDICE A) possibilitando o reconhecimento das ideias iniciais. Em seguida foi desenvolvido o REO Investigativo I; as atividades previstas estão descritas a seguir e o material disponibilizado para os estudantes pode ser consultado no Apêndice B.

● **Atividades previstas no REO Investigativo I (APÊNDICE B):**

- 1. Elaboração do objetivo e procedimento experimental:** Nessa atividade, os estudantes deveriam refletir sobre situações que se faz necessário quantificar um dos analitos (ferro ou cobre) e propor um roteiro experimental que possibilite a quantificação do analito escolhido, tendo como reagentes, vidrarias e equipamentos, apenas os disponíveis no laboratório (apresentados no REO).
- 2. Resultados esperados e discussão:** A última atividade prevista no REO consistia em uma série de perguntas que deveriam ser respondidas pelos estudantes. Essas questões foram propostas a fim de norteá-los a refletir sobre o procedimento que propuseram.

Esse REO foi disponibilizado aos discentes na última semana letiva de 2020 e deveria ser postado, respondido pelos estudantes, no Campus Virtual até o final da primeira semana letiva de 2021, totalizando 38 dias. Esse tempo foi estipulado devido a possibilidade de retorno das aulas práticas presenciais em março de 2021. Sendo assim, teria tempo hábil para realizações de webconferências, com os professores e com o monitor da disciplina, para discussão de dúvidas, entrega da atividade e sugestões de correções indicadas pelos professores e monitor, para serem devolvidas aos alunos para alterações.

Uma vez que os professores do Departamento de Química decidiram não retornar com as aulas práticas presenciais, em função da permanência do cenário da pandemia, o feedback das atividades corrigidas pelos professores realizou-se virtualmente, cerca de um mês após a postagem dos alunos (meados do mês de fevereiro). Assim, as correções e complementações deveriam ser finalizadas durante a execução do REO Investigativo II (início do mês de março); as atividades estão descritas a seguir e o material disponibilizado aos estudantes pode ser consultado no Apêndice C.

- **Atividades previstas no REO Investigativo II (APÊNDICE C):**

- 1. Correção dos roteiros experimentais:** a partir das correções e sugestões propostas pelos professores, os estudantes deveriam visitar o roteiro procedimental proposto, a fim de refletir sobre os comentários e, caso julgarem necessário, adequar os procedimentos e/ou respostas.

- 1.1. Representação submicroscópica do experimento:** nessa atividade os estudantes, munidos das equações químicas que representam as reações de seus respectivos experimentos, deveriam desenhar como as espécies envolvidas nas reações estão organizadas em diferentes momentos da titulação proposta.

- 2. Coleta e análise de dados:** a partir dos roteiros experimentais propostos, o professor responsável pela turma da licenciatura gravou um vídeo executando o procedimento proposto mais correto, mediante as condições indicadas no REO investigativo I, com o auxílio do monitor (vídeo 1). Disponibilizou o link para que os discentes pudessem assisti-lo e foi solicitado a quantificação do analito. Um segundo vídeo (vídeo 2) utilizando da mesma técnica que o primeiro, mas para outro analito, produzido no semestre anterior, também foi disponibilizado para que os discentes refletissem sobre a possibilidade, ou não, de realização dos procedimentos em ordem diferente ao proposto, substituição de reagentes e possíveis interferentes respectivamente. Por fim, pediu-se a quantificação deste analito.

- 3. Questionário final:** foi solicitado o preenchimento de um questionário *online* (APÊNDICE D) com o propósito dos estudantes avaliarem suas participações na execução dos REOs investigativos; bem como avaliar possíveis desenvolvimentos de habilidades ao realizar as atividades propostas e, por fim, julgar a pertinência, ou não, de realização de atividades semelhantes em semestres futuros.

Esse REO Investigativo teve o prazo de execução estipulado em uma semana, como os demais, porém, devido a erros na disponibilização dos vídeos e a pedido dos discentes, o

prazo foi prorrogado por mais seis dias. Portanto, o prazo para postagem do REO investigativo II foi ampliado até meados do mês de março.

Diante ao exposto, nota-se que foram coletados vários dados para acompanhar todo o processo de desenvolvimento do Estudo Investigativo sobre titulação de oxirredução, entretanto, para o presente trabalho foi feito um recorte e serão analisados os produtos gerados com a participação de estudantes da licenciatura, a partir do REO Investigativo I, especificamente o item *Elaboração do objetivo e procedimento experimental* e as perguntas e respostas contempladas no item *Resultados esperados e discussão*. Optou-se por apresentar, de maneira geral, todo o material planejado para possibilitar uma melhor compreensão do que foi realizado.

#### **5.4 Metodologia de análise dos dados**

A pesquisa envolveu a análise e reflexão de três produtos gerados por discentes do curso de licenciatura em Química e um produto gerado pela parceria de uma discente da licenciatura e uma do bacharelado durante a execução do REO Investigativo I, sobre titulação de oxirredução na disciplina de Química Analítica Experimental II no período de 2020/2. Os dados foram coletados virtualmente e todo o material foi lido na íntegra.

Inicialmente foram observados os objetivos e procedimentos estipulados pelos grupos, considerando:

- O grupo apresentou um objetivo para quantificar o analito ou especificou a amostra que será analisada?
- O roteiro experimental pode ser executado a partir das indicações apresentadas no REO investigativo I?
- Existem erros conceituais ou nos procedimentos apresentados na proposta?

Em seguida foram analisados os tipos de perguntas contidas no REO Investigativo I no item *Resultados esperados*, tendo como base os níveis propostos por Suart e Marcondes (2009) - que estão relacionados com o grau de exigência cognitiva das questões propostas. No Quadro 3 pode-se observar os tipos de perguntas e a descrição dos três níveis.

Quadro 3 – Tipos de Perguntas.

<b>Nível</b>	<b>Descrição</b>
P1	Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos
P2	Requer que o estudante desenvolva atividades como sequenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema
P3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Fonte: Suart e Marcondes, 2009, p. 58.

Ainda, foram analisadas as respostas que os estudantes deram frente às perguntas propostas. Para isso, foram consideradas as habilidades cognitivas manifestadas pelos estudantes, com base no trabalho de Suart e Marcondes (2009) embasadas nas definições de Zoller (1993). As categorias podem ser observadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Níveis cognitivos de respostas dadas pelos estudantes.

<b>NÍVEL</b>	<b>CATEGORIA DE RESPOSTA (ALG)</b>
N1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não reconhece a situação problema.</li> <li>● Limita-se a expor um dado lembrado.</li> <li>● Retêm-se a aplicação de fórmulas ou conceitos.</li> </ul>
<b>NÍVEL</b>	<b>CATEGORIA DE RESPOSTA (LOCS)</b>
N2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado.</li> <li>● Não identifica variáveis.</li> <li>● Não estabelece processos de controle para a seleção das informações.</li> <li>● Não justifica as respostas de acordo com os conceitos exigidos.</li> </ul>
N3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações.</li> <li>● Identifica e estabelece processos de controle para a seleção das informações.</li> <li>● Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais</li> </ul>
<b>NÍVEL</b>	<b>CATEGORIA DE ANÁLISE (HOCS)</b>
N4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Seleciona as informações relevantes.</li> <li>● Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema.</li> <li>● Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema.</li> <li>● Exibe capacidade de elaboração de hipóteses.</li> </ul>
N5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais.</li> </ul>

Fonte: Suart e Marcondes, 2009, p. 58.

Assim, de acordo com Suart e Marcondes (2009)

Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem [LOCS] são caracterizadas por capacidades tais como: conhecer, recordar/relembrar a informação ou aplicar conhecimento ou algoritmos memorizados em situações familiares e resolução de exercícios; já as de Alta Ordem [HOCS] são referidas como aquelas capacidades orientadas para a investigação, resolução de problemas (não exercícios), tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo. (p. 54)

Já a categoria Algorítmicas (ALG) pode ser classificada como uma subdivisão da categoria LOCS, uma vez que ambas apresentam respostas memorísticas e algorítmicas, diferindo pelo não reconhecimento da situação proposta (SUART; MARCONDES, 2009).

As perguntas e respostas foram analisadas pelo autor e pela orientadora e, em seguida foi feita uma validação das categorizações.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões serão apresentados em três seções principais, a saber:

- Roteiros experimentais e objetivos propostos pelos grupos apresentando uma breve descrição e algumas observações relacionadas aos procedimentos sugeridos.
- Apresentação e discussão da análise relativa aos tipos de perguntas e níveis cognitivos das respostas dos estudantes.
- Reflexões sobre as análises possibilitando tecer algumas relações com a abordagem do ensino por investigação.

### 6.1 Roteiros experimentais propostos pelos grupos

Nessa seção serão descritos os procedimentos propostos pelos grupos para uma compreensão da apropriação dos estudantes em relação a elaboração de um roteiro experimental. De antemão, vale ressaltar, que, dos quatro produtos obtidos, dois grupos (Grupo 1 e Grupo 2) apresentaram propostas de experimento empregando titulação de oxirredução, porém, utilizando de reagentes e/ou equipamentos incoerentes ou que não estavam descritos no roteiro, sendo assim, impossíveis de realizá-lo em laboratório. Ainda, um outro procedimento (Grupo 3), sugerido por estudantes da licenciatura e do bacharelado, fugiu completamente dos conceitos exigidos e também propôs a utilização de reagentes e/ou procedimentos que não estavam disponíveis. O Grupo 4 atendeu às exigências contidas no REO.

#### Detalhamento do roteiro experimental proposto pelo Grupo 1

O grupo propôs a determinação de ferro sem deixar evidente em qual amostra seria feita tal análise, destacando que, possivelmente, não houve reflexão acerca do *“Por que realizar a quantificação de cobre ou ferro? Em que situação ou situações esse procedimento é importante?”*, provocações contidas no REO Investigativo I (APÊNDICE B).

Em seguida são apresentados os reagentes, dentre eles a amostra (ferro), ácido clorídrico, dicromato de potássio e o indicador azul de bromotimol e as vidrarias utilizadas. O procedimento descrito se assemelha com os procedimentos normais de titulações (preparo de amostra, transferência de alíquota de amostra para o erlenmeyer e titulação), mas são destacados também procedimentos como ambientação de vidrarias e preparo da solução titulante.

Ao longo do procedimento é possível perceber confusão com os termos “dissolver” e “diluir” evidenciado no seguinte passo proposto: “*Pipetar 10 mL de HCl e adicionar no béquer diluindo o ferro.*”; além de confusão das funcionalidades de cada vidraria, por exemplo o preparo da solução titulante que foi realizado no becker ao em vez de ser preparado no balão volumétrico, como geralmente é realizado, e algumas vidrarias foram requeridas, mas não foram utilizadas no procedimento, como é o caso dos balões volumétricos de 50, 100 e 250 mL.

Vale ressaltar, porém, que a técnica (dicromatometria), como foi proposta, não seria promissora para a quantificação do analito, pois, o indicador proposto (azul de bromotimol) varia a coloração de amarelo (forma ácida,  $\text{pH} < 6,0$ ) para azul (forma básica,  $\text{pH} > 7,6$ ) de acordo com  $\text{pH}$  da solução, sendo utilizado, portanto, para titulações ácido-base (HARRIS, 2017). Como a solução titulada inicialmente deve apresentar acidez elevada, devido a dissolução de ferro pelo ácido clorídrico, a reação de oxirredução entre o dicromato de potássio e o analito não seria suficiente para alterar o  $\text{pH}$  do meio a ponto de alterar a coloração do indicador e fazer a relação correta a fim de se quantificar a concentração de analito na amostra.

### **Detalhamento do roteiro experimental proposto pelo Grupo 2**

Esse grupo, diferente do anterior, evidenciou que a determinação de ferro seria realizada a partir de uma amostra de cloreto de ferro (II), entretanto, não trouxe elementos que justificassem a importância dessa análise.

Em seguida, foram apresentados os reagentes, vidrarias e equipamentos que seriam necessários para a realização do experimento através da técnica de dicromatometria. Destacase, porém, o requerimento de reagentes, vidrarias e equipamentos que não foram disponibilizados, conforme consta no REO, como a difenilamina sulfonato de sódio, cloreto de estanho II, bastão magnético, pipetador de três vias, azulejo branco, estufa 110 V, balão volumétrico de 1000 mL, entre outros. Com isso, o procedimento proposto não poderia ser realizado nas condições indicadas.

É prudente considerar que algumas vidrarias e equipamentos não constaram no REO, mas são necessárias para se realizar procedimentos titulométricos, como é o caso do suporte universal com garras, assim, poderiam ser requeridas pelos estudantes, mesmo sem estar descrito no REO.

O requerimento de vidrarias e equipamentos e a não proposição de sua utilização ocorreu com esse grupo assim como o primeiro. Ainda, esse grupo propôs um procedimento que exigia materiais (banho de gelo) que não foram requeridos.

### **Detalhamento do roteiro experimental proposto pelo Grupo 3**

Diferente dos grupos anteriores, esse grupo apresentou uma breve contextualização sobre a importância do ferro para a funcionalidade dos organismos animais, além de destacar, sem realizar as devidas referências, que a dissociação do ferro é mais fácil que a do cobre. Assim, era de se esperar que o grupo quantificaria o teor de ferro em amostras de sangue, por exemplo, ou em algum remédio que contenha o analito, o que não foi destacado ao longo do produto proposto pelo grupo.

Como mencionado, o grupo fugiu do objetivo do REO, que era a proposição de um roteiro experimental utilizando-se da titulação de oxirredução, o que pode ser percebido a partir dos reagentes e vidrarias requeridos pelo grupo, no qual, não estão descritos buretas e erlenmeyers.

Igual aos grupos anteriores, esse grupo também requereu reagentes e equipamentos que não constavam no REO, como o banho-maria, mas algo semelhante poderia ser realizado com a utilização de becker, água e a chapa aquecedora, que estavam disponíveis, se assim fosse necessário.

Os tubos de ensaio propostos pelo grupo poderiam ser obtidos facilmente em qualquer laboratório de ensino da instituição, podendo ser propostos por quaisquer grupos, desde que houvesse um intuito plausível para tal. Entretanto, a não indicação destes, no REO, é um indicativo de que não são de extrema importância para a realização dos procedimentos normais de titulação.

Analisando o procedimento como um todo, percebe-se que este se aproxima mais de uma análise qualitativa do que quantitativa. Isso pode ser identificado pelos passos descritos e também pela seguinte expressão utilizada pelo grupo “*O precipitado encontrado será o  $Fe^{3+}$* ”, indicando que o objetivo do grupo era identificar a presença de ferro na amostra. Com isso, percebe-se clara falta de compreensão do grupo quanto às técnicas quantitativas e quanto aos conceitos relacionados à oxirredução, que serão descritos e detalhados posteriormente.

Por fim, ressaltamos que a união de estudantes dos cursos de licenciatura e bacharelado, quando possível, para realização de atividades pode ser proveitoso. Pois, apesar dos conteúdos serem iguais para ambos os cursos, a maneira como cada estudante enxerga a

atividade é influenciada por suas respectivas trajetórias acadêmicas e a união dessas visões pode possibilitar maiores discussões e trocas de saberes entre os integrantes.

#### **Detalhamento do roteiro experimental proposto pelo Grupo 4.**

O último grupo analisado apresentou e justificou que o objetivo do experimento seria a quantificação de cobre em solo destinado a mineração desse metal. Entretanto, não foram apresentados dados que indicassem alguma concentração esperada nesses tipos de solo, que poderia ser determinada por alguma legislação ou já encontrada em outros estudos. Tais dados poderiam ser utilizados para auxiliar na proposição da técnica, dos procedimentos e/ou validação dos dados obtidos, por exemplo.

No produto entregue foram descritos detalhadamente os reagentes, vidrarias e equipamentos que seriam utilizados. O grupo requereu a utilização de pera de borracha e papel, ambos não constavam no REO, porém, é de fácil acesso nos laboratórios da UFLA. Os demais itens constavam no REO proposto.

Este foi o único grupo que conseguiu propor um experimento utilizando uma técnica possível de se realizar mediante as limitações de reagentes, vidrarias e equipamentos destacadas no REO. Técnica esta denominada iodometria, que consiste na determinação de um agente oxidante ( $\text{Cu}^{2+}$ , no procedimento proposto) em presença de amido e excesso de iodeto, formando triiodeto. Em seguida, o triiodeto formado é titulado por uma solução padronizada de tiosulfato de sódio. O ponto final da titulação é determinado pelo desaparecimento da coloração azul do indicador e a quantificação do analito é feita indiretamente (HARRIS, 2017).

## **6.2 Análise dos tipos de perguntas contidas no REO Investigativo I e níveis cognitivos das respostas.**

A apresentação e discussão dos resultados serão feitas pergunta a pergunta, procurando comparar as respostas obtidas com o tipo de pergunta proposta e o nível de habilidade cognitiva manifestada pelos estudantes utilizando as categorias propostas por Suart e Marcondes (2009). Comentários pertinentes a cada grupo serão realizados na medida que se fizerem necessários. Destaca-se, ainda, que são apresentados recortes de algumas respostas, pois assim, é possível abstrair o máximo de informações.

Para a análise das respostas dos estudantes, no presente trabalho não foi levado em consideração se o procedimento proposto era possível de ser executado, ateve-se, portanto, em analisar as respostas dadas as perguntas mediante o procedimento que os discentes julgaram factíveis.

### **PERGUNTA 1: Quais são as equações químicas balanceadas envolvidas no experimento proposto?**

A pergunta objetiva possibilitar que os estudantes reconheçam as reações químicas, saibam representá-las através das equações químicas e consigam utilizar adequadamente a simbologia química. No Quadro 5 pode ser observado uma síntese dos dados e categorizações.

A partir do Quadro 5, é possível perceber que os níveis cognitivos manifestados para resolução da pergunta foram de baixa ordem, com respostas dadas, majoritariamente, pela apresentação das equações químicas. Tal fato pode ser justificado pelo tipo de pergunta que foi proposto (P1), visto que, esta exige apenas que os estudantes recordem alguns conceitos, no caso, as equações químicas balanceadas (OLIVEIRA, *et al.* 2016). Com isso, a maioria das questões foram categorizadas como N2 por apresentarem adequadamente as equações de acordo com a proposta experimental apresentada, ou seja, reconheceram a situação problema. Porém, não apresentaram variáveis ou justificativas para as respostas.

Quadro 5 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 1.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Quais são as equações químicas balanceadas envolvidas no experimento proposto?		P1
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	<p>1) <math>\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-</math> (reduz)</p> <p><math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}</math> (oxida)</p> <p><math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}</math></p>	N2 Reconheceu a situação problema, mas retêm-se a aplicação de fórmulas.
2	<p>1. <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}</math></p> <p><math>6\text{FeCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl} \rightarrow 6\text{FeCl}_3 + 2\text{CrCl}_3 + 2\text{KCl} + 7\text{H}_2\text{O}</math></p>	N2 Reconheceu parcialmente (não apresentou todas as equações) a situação problema, e utilizou apenas de aplicação de fórmulas
3	<p><math>\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4^+</math></p> <p><math>\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2</math></p> <p><math>4\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3</math></p> <p><math>2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3</math></p>	N1 Não reconheceu a situação problema, e utilizou apenas de fórmulas
4	<p>Nesta titulação trabalha-se com as seguintes reações:</p> $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightarrow 2\text{CuI} + \text{I}_2 \quad (1.1)$ $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-} \quad (1.2)$ <p>Além dessas reações, também há a reação do indicador com o Iodo e a de formação do Triiodato.</p> $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{I}_3^- \quad (1.3)$ $\text{I}_3^- + \text{Amido} \rightarrow \text{Complexo Azul} \quad (1.4)$ <p>Sendo a reação 1.3 dependente da adição de excesso de Iodato de Potássio à solução (descrita no procedimento).</p>	N2 Reconheceu a situação problema, mas não justificou

Fonte: Do autor (2021).

Destaca-se, porém, a resposta dada pelo Grupo 1, que há um equívoco na representação das semicélulas, uma vez que classifica como *redução* o processo de oxidação do  $\text{Fe}^{3+}$ . O oposto acontece na outra equação, classifica como *oxidação* o processo de redução do  $\text{Cr}^{6+}$ . Tal fato pode ser gerado pelo vocabulário confuso existente na relação entre “oxidação e agente oxidante” e “redução e agente redutor”, além de, é claro, a real falta de compreensão dos conceitos por parte dos estudantes (GOES, 2018).

Vale ressaltar que as reações químicas apresentadas pelo grupo 3 não são de oxirredução, sendo assim, o nível cognitivo foi classificado como N1 por não reconhecer o problema a ser resolvido: elaboração de um roteiro experimental usando de conceitos da titulação de oxirredução.

É possível notar que apenas o Grupo 1 representou as reações químicas como um processo em equilíbrio, ao utilizar o símbolo ( $\rightleftharpoons$ ). Raviolo e Martínez Aznar (2003) elencam essa não diferenciação de sistemas em equilíbrio como uma concepção alternativa do estudo de equilíbrios químicos. Ademais, destaca-se que todos os grupos representaram apenas as espécies que são oxidadas ou reduzidas, omitindo a representação das “espécies espectadoras”, sendo a não admissão da coexistência de todas as espécies outra concepção alternativa elencada pelos autores supracitados.

Ainda, é perceptível que todos os grupos não representaram os estados físicos e os estados de agregação das espécies envolvidas. Tais representações são importantes para um maior detalhamento das equações químicas (BORGES, 2015), entretanto, não são apresentadas equações químicas que evidenciem tais estados no “Livro Verde” da IUPAC, o que pode indicar que não é mais obrigatório (COHEN, 2018).

Por fim, possíveis erros de digitação/formatação podem ser notados, como “CR”(G1) para representação do elemento cromo; “H<sub>2</sub>0”(G1) utilização do numeral zero ao invés da letra O para representação do oxigênio; “e-“(G2) não sobrescreveu a carga negativa do elétron; “FeCl<sup>3</sup>” e “NH<sup>4+</sup>” e “Fe(OH<sub>2</sub>)”(G3) confusão entre índices (referente à quantidade de cada átomo na espécie) e expoente (referente à carga dos compostos). Entretanto, não é possível identificar se tais erros foram cometidos pela falta de conhecimento dos estudantes ou se foram apenas equívocos de digitação e formatação do trabalho.

## **PERGUNTA 2: Como vocês identificarão que o ponto final da titulação foi atingido?**

Nessa questão, era esperado que os estudantes relacionassem a necessidade do uso de um indicador para identificação do ponto final da titulação, que será atingido quando houver a

mudança de coloração da solução. No Quadro 6 nota-se uma síntese dos resultados e análises obtidos.

Quadro 6 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 2.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Como vocês identificarão que o ponto final da titulação foi atingido?		<b>P2</b>
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO/ JUSTIFICATIVA
1	No ponto final da titulação a solução apresentará uma coloração azul claro devido o azul de bromotimol.	<b>N3</b> Explica a resolução do problema, por tentativa, podendo não compreender seus significados conceituais.
2	Foi necessário o uso de um indicador oxi-redução esses indicadores são adequados para emprego nas titulações com dicromato cujo grupo inclui o difenilaminsulfonato de sódio (solução aquosa a 0,2 por cento) que deve ser usado em presença de ácido fosfórico.	<b>N3</b> Indicou e estabeleceu processos de controles e variáveis, mas não justifica, podendo não compreender o significado conceitual
3	Assim que for formado um sólido marrom avermelhado, o ponto final da titulação terá sido atingido.	<b>N1</b> Não reconheceu a situação problemática, não identifica variáveis e não justifica as respostas.
4	<p style="text-align: center;"><b><math>I_3^- + \text{Amido} \rightarrow \text{Complexo Azul}</math></b></p> <p>“A reação do indicador com o Iodo é importante nesta titulação, pois será utilizada para identificar o ponto final da titulação. Esta reação se encontra em equilíbrio, ou seja, a concentração de seus componentes afeta a formação dos mesmos. Quando o Iodo for consumido, o complexo será desfeito, a fim de manter o equilíbrio da reação, tornando então a solução incolor, o que indica o final titulação (SKOOG DONALD M. WEST, 2013).”</p>	<b>N4</b> Estabeleceu relações causais, analisou e avaliou variáveis .

Fonte: Do autor (2021).

Diferente das respostas obtidas na questão anterior, na questão 2 é possível notar a manifestação de habilidades cognitivas de ordem superior, uma vez que o tipo de pergunta

realizada (P2) possibilita que os estudantes apliquem os conceitos, especificamente o funcionamento dos indicadores, para a resolução do problema proposto.

A princípio, a resposta dada pelo Grupo 1 parece coerente. Entretanto, ao se tratar da técnica de dicromatometria, o azul de bromotimol não é possível de ser utilizado como indicador, como explicado anteriormente. Sendo assim, é válido considerar que o grupo escolheu, por tentativa, um dos reagentes disponíveis e atribuiu a ele o papel de indicador, sem conhecer sua real funcionalidade.

Destaca-se novamente o equívoco do grupo 3 na proposição do experimento. Uma vez que foi solicitado o uso dos conceitos de titulação redox, mas o procedimento descrito pelo grupo aproximou-se mais de um processo de identificação de Ferro, conceitos estes abordados em outras disciplinas do curso. No presente trabalho, era necessário a elaboração de um procedimento que quantificasse o analito.

Outro ponto que chama atenção é a contradição existente entre a reação representada pelo Grupo 4 e a descrição dada. Ao descrever o processo de identificação do ponto final da titulação, o grupo escreve que a reação do indicador com o iodo *está em equilíbrio*, entretanto, ao representar a reação, utilizou-se de uma seta simples, sugerindo que a reação ocorre apenas no sentido de formação dos produtos. Com isso, pressupõe-se que o grupo não soube como inserir o símbolo ( $\rightleftharpoons$ ) que representa o estado de equilíbrio químico, ou não percebeu a incoerência simbólica.

### **PERGUNTA 3: Quais são os cálculos necessários para a quantificação do analito?**

Na pergunta 3, os discentes poderiam discorrer sobre os dados que eles propuseram, sendo possível fazer relações entre as quantidades de matéria gastos de titulante relacionando-as com o analito. Também é possível que diluições sejam necessárias, cabendo a cada grupo avaliar essas possibilidades. No Quadro 7 é exibida uma síntese das análises.

Nessa questão, já são exigidos dos estudantes não somente aplicação de conceitos e leis, mas também o sequenciamento desses, sendo categorizada, portanto, como uma pergunta do tipo P2.

Quadro 7 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 3.  
(continua)

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Quais são os cálculos necessários para a quantificação do analito?		P2
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	$3) M = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad 0,1 = \frac{x}{0,02} \quad x = 0,002$ $\frac{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}}{\text{Fe}_2} = \frac{1}{6} \times \frac{0,002}{x} = 0,012 \text{ mol}$ $\frac{0,012 \text{ mol}}{0,01 \text{ L}} = 1,2 \text{ mol/L}$ $C = \frac{m_1}{MM.v} \quad 1,2 = \frac{m_1}{55,845 \times 0,01} \quad m_1 = 0,67 \text{ g}$	N2 Reconheceu a situação problema, mas reteve-se apenas à aplicação de fórmulas, não justificando-as.
2	<p>Precisa-se calcular a molaridade a partir da massa atômica de <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math>, para se saber quantos mols estão presente em 5,884g:</p> $2.39 + 2.52 + 7.16 = 294 \text{ g/mol}$ <p>O próximo passo é calcular quantos mols há em 5,884g de dicromato de potássio:</p> $294 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ mol}$ $5,884 \text{ g} \text{ --- } X$ $X = 0,02 \text{ mol/L}$ <p>Calculando a molaridade de <math>\text{FeCl}_2</math>:</p> $55,8 + 2.35,5 = 126,8$ <p>Pelo fato de 1 mol de dicromato reagir com 6 mol de <math>\text{FeCl}_2</math>, há de se considerar a disposição 6:1 entre o mesmo e o dicromato</p> <p>A partir da concentração obtida de dicromato de sódio, deve-se calcular a massa de <math>\text{FeCl}_2</math>:</p> $760,8 \text{ g} \text{ --- } 249 \text{ g}$ $X \text{ --- } 5,884 \text{ g}$ $X = 15,23 \text{ g}$	N3 Explicou, parcialmente, a resolução com conceitos lembrados, por meio de aplicação de fórmulas, identificando as variáveis envolvidas.
3	<p>Molaridade = Massa / Massa Molar</p> <p>Massa = Molaridade * Massa Molar</p> <p>1 mol de <math>\text{FeCl}_3</math> ----- 1 mol de <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math></p> <p>Massa = 1 * 162,2 g de <math>\text{FeCl}_3</math></p> <p>Massa = 162,2 g</p>	N1 Não reconheceu a situação problema e não justificou a resposta de acordo com os conceitos exigidos

Quadro 7 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 3. (conclusão)

4	<p>Explicitado então as reações que ocorrem nesta titulação indireta (SKOOG DONALD M. WEST, 2013), após realizada, os cálculos deverão ser feitos a fim de quantificar o analito. Em uma titulação, ao atingir o ponto de equivalência, a quantidade dos reagentes serão iguais, respeitando a proporcionalidade da estequiometria da reação (SKOOG DONALD M. WEST, 2013). Em específico nesta titulação ocorrerá o seguinte no ponto de equivalência: <math>\frac{1}{2}n_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{1}{2}n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}</math> sendo uma relação 2 para 2 (SKOOG DONALD M. WEST, 2013).</p> <p>Assim sendo, a relação que indica o número de mols de Cobre (II) em solução amostral será:</p> $n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \quad (1.5)$ <p>A quantidade de <math>\text{S}_2\text{O}_3^{2-}</math> é conhecida, sendo descoberta da seguinte maneira.</p> $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = M_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \cdot V_{\text{gasto}} \quad (1.6)$ <p>Sendo <math>M_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}</math> a concentração padrão do Tiosulfato de Sódio. Dessa forma tem-se então a quantidade de Cobre (II) em solução amostral. Retomando o dito no procedimento, foi retirado da solução feita (50mL) apenas 20mL, dessa forma, essa quantidade de matéria está contida apenas em nesses 20mL. Para saber sua quantidade de matéria em 50mL (quantidade total na amostra), basta realizar a seguinte regra de três:</p> $n_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \cdot x(50\text{mL})}{(20\text{mL})} \quad (1.7)$ <p>A partir dessa relação, agora tem-se a quantidade de Cobre (II) na amostra. Com essa quantidade, necessitamos saber sua massa <math>m</math>, pois com ela descobre-se a porcentagem (<math>m/m</math>) de Cobre (II) na amostra pesada e analisada. Para se calcular a massa, utiliza-se a seguinte relação.</p> $m_{\text{Cu}^{2+}} = (n_{\text{Cu}^{2+}}) \cdot (mm_{\text{Cu}^{2+}}) \quad (1.8)$ <p>Sendo <math>mm_{\text{Cu}^{2+}}</math> a massa molar. Agora, resta apenas dividir a massa descoberta de Cobre (II) em amostra pela massa total da amostra e multiplicar o resultado por 100.</p> $\%(m/m) = \frac{m_{\text{Cu}^{2+}}}{m_{\text{total amostra}}} \cdot 100 \quad (1.9)$ <p>Assim tem-se então o resultado procurado no objetivo, a porcentagem de massa de Cobre (II) na amostra utilizada.</p>	<p><b>N4</b></p> <p>Analizou e avaliou variáveis e as relações causais. Sugeriu como o problema pode ser resolvido.</p>
---	---	---

Fonte: Do autor (2021).

À primeira vista, os Grupos 1 e 2 propuseram cálculos que chegaram a uma certa quantidade para o analito. Entretanto, o Grupo 1 expõe os cálculos sem se preocupar em identificar as variáveis e, também, não justifica os passos realizados para quantificação do analito. Enquanto isso, na resposta do Grupo 2, percebe-se uma tentativa de justificar, porém, nota-se a falta de alguns passos que são importantes para a compreensão do resultado, tais como o cálculo de quantidade de matéria de titulante gasta e a relação entre a quantidade de matéria presente na alíquota titulada com a quantidade de matéria total vinda da amostra. Ambos os resultados foram expressos em massa (g), porém, os resultados encontrados nas titulações são, geralmente, expressos em concentração ( $\text{molL}^{-1}$ ;  $\%(m/m)$ ;  $\%(m/v)$ ;  $\%(v/v)$ ).

Já o Grupo 3, expressou um erro ao definir molaridade como a razão entre massa e massa molar. Sendo essa razão condizente com a quantidade de matéria (mol) de determinada substância conhecida presente em uma massa totalmente pura dessa substância. Tal fenômeno pode ser explicado pelas diferentes terminologias empregadas pelos professores durante as trajetórias formativas dos estudantes (GOES, 2018).

O Grupo 4 apresentou uma resposta bastante completa, avaliando as variáveis e relações causais, justificando corretamente os passos descritos, porém, não foi enquadrada como N5 pois é possível que essa resposta tenha sido uma reprodução detalhada do algoritmo de resolução de problemas envolvendo titulações, presente em outras atividades inseridas nos REOs desenvolvidos ao longo da disciplina. Isso, pois, os exercícios envolvendo titulações são, tradicionalmente, abordados de maneira algorítmica, sendo assim, pode ser que o grupo tenha memorizado o passo a passo de resolução.

**PERGUNTA 4: Quais erros podem ocorrer durante a execução do experimento? Como esses erros podem interferir nos resultados esperados? Como evitá-los?**

Na quarta questão esperava-se que os estudantes tomassem nota de erros procedimentais que poderiam ocorrer durante a realização do experimento proposto, avaliassem o impacto que esses erros teriam na análise e, principalmente, propusessem alternativas para contorná-los, caso necessário. No Quadro 8, a seguir, tem-se um resumo das respostas dadas pelos estudantes e categorizações.

Quadro 8 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 4. (continua)

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA															
Quais erros podem ocorrer durante a execução do experimento? Como esses erros podem interferir nos resultados esperados? Como evitá-los?		P3															
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA															
1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Erro</th> <th>Como pode interferir</th> <th>Como evitar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não ambientar a pipeta</td> <td>A água dentro da pipeta pode contaminar a amostra e ocasionar erros</td> <td>Ambientando a pipeta</td> </tr> <tr> <td>Não ambientar o béquer</td> <td>Pode haver contaminação da amostra</td> <td>Ambientar o béquer</td> </tr> <tr> <td>Não ambientar a bureta</td> <td>Pode haver contaminação.</td> <td>Ambientar a bureta</td> </tr> <tr> <td>Deixar bolha na ponta da bureta</td> <td>Pode interferir no volume utilizado na titulação</td> <td>A parte interna da bureta deverá ser preenchida girando a torneira até não haver bolha.</td> </tr> </tbody> </table>	Erro	Como pode interferir	Como evitar	Não ambientar a pipeta	A água dentro da pipeta pode contaminar a amostra e ocasionar erros	Ambientando a pipeta	Não ambientar o béquer	Pode haver contaminação da amostra	Ambientar o béquer	Não ambientar a bureta	Pode haver contaminação.	Ambientar a bureta	Deixar bolha na ponta da bureta	Pode interferir no volume utilizado na titulação	A parte interna da bureta deverá ser preenchida girando a torneira até não haver bolha.	<p><b>N4</b></p> <p>Analisou as relações causais e propôs hipóteses para solucioná-las lembrando alguns conceitos.</p>
Erro	Como pode interferir	Como evitar															
Não ambientar a pipeta	A água dentro da pipeta pode contaminar a amostra e ocasionar erros	Ambientando a pipeta															
Não ambientar o béquer	Pode haver contaminação da amostra	Ambientar o béquer															
Não ambientar a bureta	Pode haver contaminação.	Ambientar a bureta															
Deixar bolha na ponta da bureta	Pode interferir no volume utilizado na titulação	A parte interna da bureta deverá ser preenchida girando a torneira até não haver bolha.															
2	<p>Erro na massa obtida na balança, pois em quase 100% dos casos é impossível obter a massa exata calculada. Erro no volume final, pois, pode haver uma variação ínfima porém presente entre o volume real encontrado e o real. Erro na preparação dos reagentes, podendo variar na concentração real e a ideal calculada. Prestar um cuidado maior para obter uma variação mínima possível para que o erro seja tão pequeno que a variação não afetar o resultado de forma relevante, usar vidrarias e ferramentas balanceadas</p>	<p><b>N3</b></p> <p>Identificou variáveis, podendo não compreender seus significados e não propuseram hipóteses.</p>															

Quadro 8 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 4. (conclusão)

3	<p>Começar a reação sem verificar se há a possibilidade de resíduos nas vidrarias. Se houver alguma substância estranha ao procedimento, é possível que esta reaja com o analito, alterando o resultado final. Ambientar todas as vidrarias com a solução que será reagida e, na sequência, descartar o resíduo. Se houver alguma substância estranha ao procedimento, é possível que esta reaja com o analito, alterando o resultado final. Ambientar todas as vidrarias com a solução que será reagida e, na sequência, descartar o resíduo.</p> <p>Manter a bancada limpa para que não aconteça uma possível alteração no analito.</p> <p>Ao utilizar a pipeta, cuidar-se para que caia exatamente a quantidade pedida, pois uma gota poderá trazer erros para o experimento.</p> <p>Ao utilizar a pipeta ambientá-la antes para que não ocorra a modificação.</p> <p>Colocar a ponta da pipeta dentro do tubo de ensaio. O volume a ser depositado pode se prender nas paredes na vidraria e ocasionando um erro no volume calculado.</p> <p>Pressionar a ponta de modo a direcionar o jato para o interior da vidraria.</p>	<p style="text-align: center;"><b>N4</b></p> <p>Analizou as relações causais e propôs hipóteses para solucioná-las relembrando alguns conceitos.</p>
4	<p>Muitas fontes de erro existem em qualquer experimento realizado, alguns podem ser previstos, outros talvez não são tão fáceis de se evitar</p> <p>Além disso, podem ocorrer erros no procedimento, como a não ambientação das vidrarias necessárias, o que pode contaminar a solução e alterar os dados volumétricos.</p> <p>Também podem ocorrer erros manuais, como o gotejamento de titulante com a bureta, a má ambientação (que deve cobrir toda a superfície da vidraria) e a aferição do menisco das vidrarias, além de possíveis vidrarias não calibradas corretamente</p>	<p style="text-align: center;"><b>N3</b></p> <p>Não propõe hipóteses</p>

Fonte: Do autor (2021).

Nota-se o desenvolvimento de níveis cognitivos de alta ordem (N4) em metade das respostas dadas. Tal fato pode estar relacionado com o tipo de questão proposta (P3) que, ao solicitar que os estudantes avaliem o impacto dos erros e proponham soluções, requer que utilizem do procedimento proposto para avaliar condições, fazer inferências e propor hipóteses.

Analisando a resposta do grupo 2, percebe-se um pequeno equívoco ao sugerir que um possível erro seria “na massa obtida na balança, pois em quase 100% dos casos é impossível obter a massa exata calculada” (G2). É sabido, porém, que exatidão e precisão são tratados

de maneiras diferentes em análises químicas: o primeiro termo indica a proximidade do valor verdadeiro, ou seja, a massa real obtida pelo procedimento de pesagem, com a medida obtida e o segundo termo está relacionado com a reprodutibilidade das medidas, ou seja, a proximidade dos resultados obtidos ao realizar o procedimento de pesagem com o resultado teoricamente esperado (SKOOG *et al*, 2015). Sendo assim, a expressão do grupo deveria ser alterada para “*na massa obtida na balança, pois em quase 100% dos casos é impossível obter a massa precisa calculada*”, já que a massa exata será dada pela balança analítica, devidamente calibrada e nivelada. Ainda, vale ressaltar que a diferença da medida de massa não é efetivamente um erro, uma vez que, medidas de massas maiores ou menores alterarão proporcionalmente o volume de titulante gasto, não alterando, assim, a concentração de analito na amostra.

Por fim, o grupo 3 novamente evidencia que o procedimento proposto se aproxima de uma análise qualitativa, pois utiliza-se de vidrarias comumente empregadas no estudo dessas técnicas, como os tubos de ensaios destacados no último parágrafo da resposta. Não se sabe o motivo que levou o grupo a propor tal experimento, pois os integrantes não participaram das webconferências oferecidas pelos professores e monitor.

**PERGUNTA 5: No roteiro experimental, os procedimentos devem ser rigorosamente executados na ordem proposta? Se sim, por quê? Se não, por que podem ser trocados e qual(is) alteração(ões) não afetariam nos resultados esperados?**

A questão 5 pretendia levar os estudantes a refletirem sobre a ordem que os procedimentos por eles propostos poderiam ser executados. Essa ordem não poderia levar, é claro, a erros que alterariam o resultado final. Algumas respostas esperadas poderiam estar relacionadas com a ordem que as soluções seriam preparadas ou a ordem com que as vidrarias seriam ambientadas ou a ordem que os reagentes seriam acrescentados ao erlenmeyer. No Quadro 9, a seguir, é apresentada uma síntese das respostas e categorizações.

Quadro 9 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 5.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
No roteiro experimental, os procedimentos devem ser rigorosamente executados na ordem proposta? Se sim, por quê? Se não, por que podem ser trocados e qual(is) alteração(ões) não afetariam nos resultados esperados?		P3
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	Não, alguns fatores podem ser trocados que não influenciaram no experimento. Como por exemplo poderia ser preparado primeiro a bureta com o dicromato de potássio e depois feito a solução que será titulada.	N4 Fez análise de possíveis relações causais e propôs hipóteses, mesmo não especificando procedimentos que não poderiam ser alterados.
2	Desde que não se altere resultados como as concentrações, massas, e a forma com que esses sejam calculados, a ordem não importa muito (exemplo: não há diferença em preparar a solução de $K_2Cr_2O_7$ , antes ou depois de preparar a solução de $FeCl_2$ ).	N4 Avaliou parcialmente as relações causais e elaborou hipóteses.
3	Sim, pois caso não siga o processo corretamente, pode acontecer interferência e o analito não será encontrado, além de possíveis ocorrências de explosões caso seja utilizado outro reagente.	N2 Reconheceu a situação problemática, mas não identificou e não justificou as respostas de acordo com o conhecimento exigido
4	Além disso, podem ocorrer erros no procedimento, como a não ambientação das vidrarias necessárias, o que pode contaminar a solução e alterar os dados volumétricos. <u>Assim sendo, é de suma importância que o procedimento seja seguido.</u> Também podem ocorrer erros manuais, como o gotejamento de titulante com a bureta, a má ambientação (que deve cobrir toda a superfície da vidraria) e a aferição do menisco das vidrarias, além de possíveis vidrarias não calibradas corretamente.	N3 Reconheceu a situação problema e justificou a resposta, mesmo não identificando todas as variáveis.

Fonte: Do autor (2021).

Categorizada também como uma pergunta P3, essa questão possibilita que os estudantes, a partir dos roteiros experimentais propostos, avaliem se os procedimentos devem ser rigorosamente seguidos na ordem descrita. Assim, os estudantes deveriam propor hipóteses, em caso de ser possível alterar a ordem, avaliando se a alteração acarretaria em

alterações na análise. Em caso negativo para alteração de ordem, era necessário também que os grupos avaliassem as condições que não permitissem mudanças.

Com isso, percebe-se que os grupos 1 e 2 avaliam ser possível mudar a ordem de execução dos procedimentos, evidenciando que tais mudanças não poderiam interferir ou influenciar na análise; destacando relações causais e evidenciando algumas alterações que poderiam ser feitas. Entretanto, nos roteiros, existem procedimentos que não podem ser feitos fora da ordem proposta, fato que não foi notado em nenhuma das duas respostas. Isso pode ter acontecido devido à quantidade de informações exigidas para uma mesma questão, assim, os grupos focaram em apenas uma delas. Recomenda-se, portanto, que a questão seja dividida em itens (a, b, c, por exemplo), a fim de melhorar a compreensão e obter resposta para todas elas (OLIVEIRA, *et al.* 2016).

Mesmo sendo uma atividade investigativa, é perceptível o quão resistente é a ideia de que as atividades experimentais devem ser realizadas como "receita de cozinha", ou seja, os procedimentos devem ser executados na ordem proposta no roteiro (BORGES, 2002). As respostas dadas pelos grupos 3 e 4 evidenciam essa resistência, uma vez que, nenhum desses grupos conseguiu avaliar possíveis alterações na ordem dos procedimentos.

**PERGUNTA 6: Em seu procedimento experimental, existe algum reagente que pode ser substituído por outro entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) reagente(s) é possível trocar?**

Nessa questão era pretendido que os estudantes avaliassem a influência dos demais reagentes envolvidos no experimento, uma vez que, escolhido o analito, a técnica de análise a ser utilizada possui reagentes e características específicas que a definem. No Quadro 10 é exibido um resumo da análise e os dados obtidos.

Análoga à questão anterior, essa questão se enquadra na categoria P3, pois possibilita que os estudantes avaliem as funções que cada reagente desempenha no experimento e se é possível, ou não, que algum(ns) seja(m) alterado(s). Assim, caso fosse possível, os estudantes deveriam propor por qual(is) reagente(s) poderia haver essa mudança, avaliando sempre como o resultado seria influenciado por essas escolhas.

Quadro 10 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 6.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Em seu procedimento experimental, existe algum reagente que pode ser substituído por outro entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) reagente(s) é possível trocar?		P3
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	Sim. O ácido clorídrico HCl poderia ser substituído pelo ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), porque ambos são ácidos fortes que reagem com o ferro.	N3 Utilizou de conceitos já conhecidos, estabeleceu processos de controle.
2	O reagente necessário para acidificar o meio não precisa necessariamente ser o HCl, o mesmo pode ser substituído pelo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ou pelo HClO <sub>4</sub> . Essa possibilidade existe, pois o que importa não é o ânion do ácido, pois o mesmo somente precisa disponibilizar H <sup>+</sup> para a reação, sendo assim necessita-se só de um ácido forte.	N3 Utilizou de conceitos já conhecidos, porém por meio de resolução não fundamentada (por tentativa), identificou variáveis, podendo não compreender seu significado conceitual.
3	Sim, pode-se substituir por hidróxido de potássio, hidróxido de sódio pois os dois irão liberar o hidróxido que irá nos ajudar na precipitação.	N3 Explicou a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos, identificando variáveis e processos de controle.
4	Nesta titulação, de acordo com os reagentes disponíveis para uso, é importante que os mesmos não sejam substituídos, como o indicador utilizado.	N2 Reconheceu a situação problemática, mas não identificou variáveis e também não estabeleceu processos de controle.

Fonte: Do autor (2021).

A resposta dada pelo grupo 2 chama bastante atenção devido a impressão de ter atingido alta ordem cognitiva, pois o grupo realizou análise de variáveis e de relações causais e propuseram hipóteses. Entretanto, considerou-se que o grupo pode não compreender os significados conceituais das proposições realizadas, pois, sugerir alteração do ácido alegando ser necessário apenas um ácido forte, independente do ânion, não evidencia o conhecimento da possível participação desses ânions em reações redox (ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, agente oxidante e Cl<sup>-</sup>, agente redutor), influenciando diretamente nos resultados da análise (SKOOG *et al*, 2015).

O grupo 3 não apresentou compreensão quanto à titulação redox, entretanto, considerando a marcha analítica de identificação de ferro, a resposta explica a resolução do problema com conceitos já conhecidos (utilização de bases fortes para alcalinização do meio) e as variáveis e processos de controle foram identificados.

Já o grupo 4 foi o único que concluiu a impossibilidade de se trocar algum reagente. Mesmo assim, não foram apresentadas justificativas que embasassem essa escolha, sendo assim, não conseguiu identificar variáveis.

**PERGUNTA 7: Em seu procedimento experimental, existe alguma vidraria e/ou equipamento que pode ser substituído por outra entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) vidraria(s) e/ou equipamento(s) é possível trocar?**

O objetivo dessa questão se assemelha ao da questão anterior, entretanto, agora, os estudantes deveriam avaliar a possibilidade de se alterar alguma vidraria. Como respostas, esperava-se que os estudantes percebessem que poderiam ser trocados, principalmente, os volumes das vidrarias, respeitando-se as diluições e volumes máximos que cada vidraria comporta. As respostas dos estudantes podem ser observadas no Quadro 11.

A justificativa para a categorização dessa pergunta como P3 é muito semelhante a da questão anterior, alterando somente o foco: pergunta 6 voltada para reagentes e pergunta 7 voltada para as vidrarias.

Todavia, diferente da questão anterior, essa obteve respostas com manifestação de níveis cognitivos inferiores (N2). Tendo, majoritariamente, respostas condizentes com a situação proposta, entretanto, não foram identificadas variáveis, seja pelo tipo de vidraria ou pelo volume, por exemplo. Isso também pode ser explicado pelo costume que os discentes têm com o modelo tradicional de educação, assim, ao receberem o roteiro experimental, não é possibilitado que os estudantes reflitam sobre as possíveis variações, sem alteração do resultado, daqueles procedimentos.

Quadro 11 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 7.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Em seu procedimento experimental, existe alguma vidraria e/ou equipamento que pode ser substituído por outra entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) vidraria(s) e/ou equipamento(s) é possível trocar?		P3
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	Não. As vidrarias escolhidas seriam as melhores para se obter o resultado com precisão.	N2 Não identificou variáveis.
2	Sim, pois a preparação de substâncias pode ser feita em outros recipientes que não o béquer, sendo na titulação volumétrica a bureta e o erlenmeyer os únicos recipientes insubstituíveis para realizar a titulação e o balão volumétrico sendo também insubstituível para a preparação de uma solução com a concentração o mais próxima do ideal possível.	N2 Não identificou variáveis, não justificando as respostas.
3	Não, pois cada vidraria tem sua funcionalidade específica e para esse experimento o ideal para se encontrar o precipitado será seguir as vidrarias no roteiro, ou seja utilizar o tubo de ensaio, pois será necessário esquentar, centrifugar e separar precipitado e sobrenadante.	N2 Não identificou variáveis.
4	O uso das vidrarias descritas também é de suma importância, uma vez que a troca das mesmas pode ocasionar erros de medida, como, por exemplo, substituir uma pipeta volumétrica por uma pipeta graduada (cujo erro é superior à volumétrica).	N4 Avaliou parcialmente variáveis e relações causais, sugerindo soluções para o problema.

Fonte: Do autor (2021).

Apenas o grupo 4 conseguiu avaliar algumas variáveis quanto ao tipo de vidraria (graduada ou volumétrica), concluindo não ser possível realizar a troca de uma utilização de uma vidraria volumétrica, justificado pelo menor erro comparada à vidraria graduada. Porém, o grupo não fez análise de variáveis relacionadas ao volume que cada vidraria comporta, com isso, seria possível que o grupo chegasse a outras conclusões.

**PERGUNTA 8: Quais substâncias você espera que interfiram no seu experimento? Quais erros elas podem ocasionar? Como você faria para contornar essa situação?**

A penúltima questão analisada refere-se a possíveis substâncias interferentes no experimento. Essas poderiam ser advindas de contaminações de vidrarias, reagentes impuros ou da própria amostra, uma vez que, matrizes amostrais obtidas em situações cotidianas de um laboratório de pesquisa ou prestação de serviços possuem inúmeras substâncias além do analito de interesse. Além da amostra, contaminantes presentes no ar podem representar riscos a uma análise química e devem, na medida do possível, ser evitados. No Quadro 12, a seguir, é apresentada uma síntese das respostas obtidas para essa questão.

Categorizada como P3, essa questão permitia que os estudantes fizessem inferências sobre os roteiros propostos relativos a possíveis presenças de interferentes. Os estudantes poderiam propor hipóteses quanto a procedência desses contaminantes, como eles interfeririam na análise e como evitar esse problema. Destaca-se a predominância de respostas ainda sem justificativas, o que inviabiliza ter clareza sobre a compreensão dos grupos perante a resposta dada.

O grupo 2 destacou que um possível interferente para o procedimento seria o indicador. Entretanto, este não se enquadra como uma substância interferente, uma vez que, é adicionado controladamente ao procedimento. Porém, deve-se atentar ao fato dos indicadores redox serem substâncias oxidantes ou redutoras e é possível que, em altas concentrações, reaja com o analito e/ou titulante, alterando assim, o resultado da análise.

O grupo 4, porém, conseguiu desenvolver altas habilidades cognitivas, pois conseguiu identificar e avaliar algumas variáveis e suas relações causais. Ainda, o grupo foi capaz de propor hipóteses condizentes com os conceitos exigidos a fim de solucionar o problema, por exemplo, identificou a variável (*“a oxidação do Iodeto quando em contato com o oxigênio atmosférico”*), relação causal (*“Caso não fosse evitado, poderia causar erro na medida volumétrica obtida na titulação”*) e propôs uma hipótese para contornar esse problema, justificando-a (*“usou-se uma solução concentrada o suficiente de Iodeto (em excesso), a qual impedirá essa oxidação indesejável e não atrapalhará os cálculos da titulação”*).

Quadro 12 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 8.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Quais substâncias você espera que interfiram no seu experimento? Quais erros eles podem ocasionar? Como você faria para contornar essa situação?		P3
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	O oxigênio atmosférico, ele tira a estabilidade da substância, e a adição de ácidos faz com que ele seja inibido.	N3 Identificou variáveis, mas pode não compreender o significado conceitual.
2	O indicador é uma das substâncias a se atentar que pode afetar o resultado, pois este adiciona-se no potencial padrão da reação.	N3 Explicou a resolução por conceitos já conhecidos e identificou, parcialmente, variáveis, podendo não compreender seus significados.
3	Cloreto de cromo pois quando ele se separa ele irá se juntar ao cloreto de ferro ele poderá interferir na dissociação e não será mais possível a separação no Becker.	N2 Reconheceu a situação problemática. Identificou, parcialmente, variáveis, mas não as justificou de acordo com os conceitos exigidos.
4	Como dito anteriormente, alguns erros são previstos em uma titulação. Nessa em específico, a oxidação do Iodeto quando em contato com o oxigênio atmosférico. Caso não fosse evitado, poderia causar erro na medida volumétrica obtida na titulação. Para isso, usou-se uma solução concentrada o suficiente de Iodeto (em excesso), a qual impedirá essa oxidação indesejável e não atrapalhará os cálculos da titulação. Além disso, como é uma amostra de solo, espécies contidas na mesma podem afetar a titulação, dito isso, utilizou-se HCl para manutenção de pH desejável, a fim de evitar que materiais não desejáveis reajam de maneira inapropriada, afetando a obtenção de dados.	N4 Avaliou variáveis e processos de controle, sugeriu soluções para o problema e propôs hipóteses.

Fonte: Do autor (2021).

**PERGUNTA 9: Após tratamento dos dados, como vocês avaliariam se a execução do procedimento foi satisfatória? Como vocês conseguiriam alcançar o(s) objetivo(s) proposto (s)? Justifique.**

Por fim, a última pergunta analisada certamente foi a que mais gerou dúvidas na hora de ser respondida pelos estudantes e isso, provavelmente, se deu pelo fato de termos elaborado de maneira muito generalista. O objetivo da pergunta, ao ser pensada, era de que os estudantes identificassem a necessidade de se comparar o valor obtido experimentalmente com o valor esperado para cada tipo de amostra, com isso, eles poderiam avaliar se o resultado encontrado é satisfatório, propondo hipóteses que justifiquem dados incompatíveis. Essas comparações poderiam ser feitas qualitativamente, ou seja, justificando os porquês dos dados obtidos serem maiores ou menores que o esperado, ou poderia ser proposto a realização de testes estatísticos que validassem a análise feita, sendo essa última alternativa, o objetivo central da questão, mesmo que os discentes ainda não tivessem contato com os tratamentos de dados utilizados em análises químicas. O Quadro 13, a seguir, apresenta uma síntese dos dados obtidos para essa questão.

Apesar da questão possuir características de uma pergunta P3, tais como: possibilitar que os estudantes proponham hipóteses, façam inferências, avaliem condições e generalizem, o fato da pergunta não ter sido elaborada de forma a deixar claro o objetivo, atrelado ao fato dos discentes nunca terem contato com os testes estatísticos, gerou respostas com desenvolvimento de baixos níveis cognitivos. Para melhorar o entendimento da questão, poderia ser solicitado, ao longo do REO, que os estudantes pesquisassem uma concentração esperada (regulamentadas por leis, por exemplo) para que fosse possível comparar o resultado da análise. Além disso, o estudo dos testes estatísticos e tratamentos de dados, feito antes da aplicação dessa atividade, poderá contribuir positivamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem mais elevadas.

Sendo assim, percebe-se que os grupos, no geral, conseguiram identificar a situação problema, mesmo que de maneira muito sutil, pois é possível identificar, em especial no grupo 2, o início de uma comparação entre possíveis dados obtidos experimentalmente em relação aos dados esperados, porém, sem muito aprofundamento.

Quadro 13 – Tipo de pergunta e níveis cognitivos desenvolvidos na resolução da pergunta 9.

PERGUNTA		TIPO DE PERGUNTA
Após tratamento dos dados, como vocês avaliariam se com a execução do procedimento foi satisfatória? Como vocês conseguiriam alcançar o(s) objetivo(s) proposto (s)? Justifique.		P3
GRUPO	RESPOSTAS	NÍVEL COGNITIVO / JUSTIFICATIVA
1	Sim. Com os valores propostos foi possível a realização da titulação, assim como foi encontrado a quantidade de ferro presente na solução, concluindo assim o objetivo.	N2 Reconheceu a situação problema, mas não identificou variáveis.
2	Se a concentração obtida, que sendo assim, a partir dela se obteve uma quantidade próxima a ideal e calculada, pode-se então considerar que o objetivo foi alcançado. Pois se a variação do cálculo obtido a partir de situações ideais se assemelha ao cálculo obtido a partir de valores reais, quer dizer então que os valores estão corretos.	N2 Reconheceu o problema, mas não identificou variáveis.
3	Sim, foi executado com sucesso pois encontramos o analito sem interferências seguindo o roteiro corretamente. O procedimento feito foi baseado na marcha analítica, com isso totalizando todos os dados e todas as substâncias qualitativamente, foi possível encontrar o ferro.	N1 Não reconheceu a situação problemática.
4	Nesse caso em específico, a porcentagem descoberta não pode ser maior que 100, o que indicaria erros experimentais na titulação.	N2 não identifica variáveis

Fonte: Do autor (2021).

### 6.3 Algumas reflexões sobre as análises e relações com a abordagem investigativa

Nessa seção será feita uma síntese geral dos resultados e discussões, procurando destacar alguns pontos que julgamos importantes.

A princípio, podemos considerar a atividade proposta como investigativa, pois, atende a algumas características elencadas por Carvalho (2018), destacando-se a proposição, pelos professores, de um *problema* aberto, no qual deveria ser analisado e reestruturado pelos estudantes; o *levantamento de hipóteses* e *proposição do plano de trabalho* terem sido feitos exclusivamente pelos estudantes, mediados, na medida do possível, pelos professores e monitor; a *coleta de dados*, apesar de ter sido feita a partir de um vídeo gravado pelo professor, também foi realizada pelos discentes, já que, no vídeo, é destacado apenas os procedimentos do experimento, ficando a cargo dos estudantes analisá-los; por fim, as *conclusões* obtidas por cada grupo foram socializadas entre os integrantes de cada grupo e com os professores e monitor, não sendo possível socializá-la com o restante da turma, em decorrência do ERE e continuação de outras atividades. Feito essa breve análise, que não é foco principal do presente trabalho, é possível enquadrar a atividade no grau de liberdade 4, pois, apesar de ter sido um problema aberto, este foi proposto pelos professores, e não pelos estudantes, como exigido pelo grau de liberdade 5 (CARVALHO, 2018).

Observamos que grande parte dos estudantes não realizou a atividade de acordo com as exigências colocadas, evidenciado pela proposição de métodos e procedimentos que requeriam reagentes, vidrarias e/ou equipamentos que não constavam no REO. O fato de ter sido realizado virtualmente pode ter contribuído significativamente para isso, pois, presencialmente, o professor e o monitor poderiam ter suscitado discussões a fim de que os próprios estudantes enxergassem esses erros. Essas discussões também poderiam ter sido feitas através das webconferências realizadas, o que não aconteceu, pois, grande parte dos estudantes não participou delas. Lembrando que a participação em atividades síncronas, no contexto do ERE, não é obrigatória; as gravações são disponibilizadas para os estudantes de maneira que possam acompanhar no momento que julgar pertinente. Além disso, presencialmente, os estudantes teriam na bancada, todos os materiais, o que facilitaria a visualização dos materiais disponíveis, porém, o fato de ser realizado virtualmente pode ter gerado confusão nos estudantes, uma vez que, ao realizarem as pesquisas, outros materiais eram requeridos e, com isso, não houve a análise da disponibilidade destes.

Também realçamos que não era esperado que as propostas elaboradas, em uma primeira versão, contemplassem de maneira totalmente correta e completa o procedimento

experimental e reflexões sobre os resultados esperados. Nesse sentido, é válido comentar que a utilização de atividades investigativas, como a descrita, procura dar ênfase no processo de construção do conhecimento, levando em consideração as concepções dos estudantes e os erros que são cometidos ao longo do percurso, permitindo-os discutir, refletir e corrigi-los, possibilitando a desenvolver-se cognitivamente (SUART; MARCONDES; LAMAS, 2010).

Destacamos que foram inseridos comentários nos arquivos postados pelos estudantes ao finalizar o REO Investigativo I, porém as versões entregues posteriormente não foram analisadas em razão do prazo para a defesa do presente trabalho e as adversidades vivenciadas em decorrência da pandemia. Os comentários e sugestões foram inseridos para auxiliar os estudantes a refletirem sobre os procedimentos propostos e a argumentar as respostas dadas possibilitando a manifestação de habilidades de ordem mais elevada. Esse processo vai ao encontro das ideias defendidas por Borges (2002), apresentado na figura 1 (p.12) ao indicar que um percurso investigativo nem sempre é linear, ou seja, muitas vezes os estudantes podem sentir a necessidade ou ser estimulados a revisar o planejamento.

No que diz respeito à análise das perguntas e respostas procuramos fazer uma possível relação entre os tipos de perguntas e os níveis cognitivos das respostas. Para auxiliar a tecer tal relação, a Tabela 3, a seguir foi produzida a partir dos dados obtidos na análise.

Tabela 3 – Relação entre os tipos de perguntas e habilidades cognitivas manifestadas

Pergunta	Tipo	Níveis cognitivos				
		N1	N2	N3	N4	N5
1	P1	1	3	--	--	--
2	P2	1	--	2	1	--
3	P2	1	1	1	1	--
4	P3	--	--	2	2	--
5	P3	--	1	1	2	--
6	P3	--	1	3	--	--
7	P3	--	3	--	1	--
8	P3	--	1	2	1	--
9	P3	1	3	--	--	--
		11%	36%	31%	22%	0%

Fonte: Do autor (2021).

Percebemos que a proposição de um número elevado de perguntas do tipo P3 (6 perguntas - 67%) possibilitou a manifestação de um número considerável de habilidades cognitivas de alta ordem, uma vez que, a categoria N3 pode variar entre LOCS e HOCS, ou seja, há características que possibilita essa evolução (SUART; MARCONDES, 2009). Porém, no geral, houve a predominância da categoria N2 (36%), indicando que os estudantes

conseguem compreender a situação problema, mas não as justifica corretamente ou não fazem análises de variáveis e relações causais ou, tampouco, propõe hipóteses, características essenciais de habilidades cognitivas de alta ordem (SUART; MARCONDES, 2009). Isso pode ter acontecido como um reflexo do modelo tradicional de educação que os estudantes estão acostumados, pois, como mencionado, nesse modelo a principal preocupação está no resultado, e não no processo, assim, não é dado aos estudantes à oportunidade de justificar suas respostas de acordo com o que eles acreditam e, também, não são levantadas hipóteses acerca dos fenômenos estudados (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017). Ressaltando novamente a importância de oportunizar momentos em que os estudantes possam refletir sobre as atividades realizadas.

Observando a Tabela 4, a seguir, podemos realizar inferências que corroboram com o dito anteriormente.

Tabela 4 – Total de níveis cognitivos manifestados por cada grupo

	N1	N2	N3	N4	N5
<b>Grupo 1</b>	--	4	3	2	--
<b>Grupo 2</b>	--	3	5	1	--
<b>Grupo 3</b>	4	3	1	1	--
<b>Grupo 4</b>	--	3	2	4	--

Fonte: Do autor (2021).

Ficou evidente, portanto, que os quatro grupos analisados alcançaram níveis cognitivos de alta ordem (N4), caracterizados pela manifestação de habilidades como seleção de informações, análise de variáveis e relações causais, estabelecimento de processos de controle e proposição de hipóteses (SUART; MARCONDES, 2009). Sendo assim, atentar-se para os tipos de perguntas a serem realizadas, pelos professores, a fim de suscitar o desenvolvimento de tais habilidades torna-se de vital importância, em especial no atual contexto de ERE, uma vez que, as atividades são realizadas, majoritariamente, de forma assíncrona e, geralmente, o contato professor-estudantes se dá exclusivamente por meio dessas perguntas e orientações explicitadas nos REOs.

Outro ponto bastante observado foi a resistência que os estudantes têm em enxergar os procedimentos como inalteráveis, fato este, evidenciado principalmente pela análise das respostas às perguntas 5, 6 e 7. Isso também pode ter sido gerado pelo constante contato que os estudantes têm com os “laboratórios tradicionais”, que tratam os experimentos como

receitas (BORGES, 2002) e não permitem o desenvolvimento desta criticidade exigida nas questões mencionadas.

Ressaltamos que também foram encontradas algumas dificuldades e concepções alternativas dos licenciandos ao tratar alguns conceitos relacionados à titulação de oxirredução, como, por exemplo, confusão entre os agentes oxidante e redutor. Alguns autores (GOES, 2018; CAMEL; PACCA, 2011) já vem relatando a presença de dificuldades e concepções alternativas que perpassam a educação básica, ensino superior e professores em atuação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou analisar a inserção de uma atividade investigativa na disciplina de Química Analítica Experimental II, da UFLA, no contexto do ERE. Foram analisadas as propostas de roteiro experimental elaboradas por graduandos em química, os tipos de perguntas propostas em um REO, bem como as habilidades cognitivas manifestadas nas respostas dadas pelos estudantes.

Os roteiros experimentais propostos explicitaram dificuldades dos graduandos em analisar criticamente o que está disponível no laboratório e que pode ser usado na prática, bem como algumas confusões ou falta de entendimento de alguns procedimentos. Dado que pode ser importante ao refletir sobre o contexto em que os futuros químicos estarão atuando, nas escolas ou empresas, por exemplo. Nos dois ambientes citados os profissionais podem se deparar com situações com restrição de materiais ou equipamentos e será preciso encontrar alternativas para a execução de aulas experimentais ou experimentos envolvendo análises específicas.

As análises dos tipos de perguntas resultaram em 11% para o tipo P1, 22% para o tipo P2 e 67% para o tipo P3. Com isso, a partir da análise das respostas dos estudantes, obtivemos 11% categorizadas como nível N1, 36% categorizadas como N2, 31% categorizadas como N3, 22% categorizadas como N4 e 0% categorizadas como N5. Assim, podemos concluir que, a princípio, há uma tendência de maior manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem se as perguntas feitas possibilitarem tal desenvolvimento. Recomendamos que os professores se atentem quanto a isso, uma vez que a manifestação de habilidades cognitivas variadas é o que se espera nos processos de ensino e aprendizagem.

A proposição de atividades que utilizem da abordagem do ensino por investigação vem sendo amplamente estudada e recomendada. Certamente não é fácil desenvolver esses tipos de atividades investigativas e demanda conhecimento da abordagem e estratégias por parte dos professores. Nesse contexto, a parceria entre os professores das diferentes áreas, como no presente trabalho, contribuiu bastante para difundir esse conhecimento, mas ainda assim, de maneira muito pontual, considerando que a docência é um processo constante de formação continuada.

A pandemia obrigou a todos a se reorganizarem para dar continuidade aos estudos e, certamente, inúmeras foram as limitações causadas. Além dos problemas pessoais que os professores e estudantes enfrentaram, a falta de comunicação em tempo real interferiu negativamente no desenvolvimento dessa pesquisa, pois, as discussões orais são importantes

para o levantamento e confronto de ideias, debates de dúvidas, socialização de conclusões, entre outros. A impossibilidade de realização, pelos estudantes, dos experimentos propostos também foi outra limitação imposta. Certamente que a proposição de um vídeo demonstrando o experimento, feito pelo professor, como meio de obtenção de dados, contribuiu para contornar a situação imposta, entretanto, realizar experimentos possibilita o desenvolvimento de outras habilidades, as quais foram severamente afetadas pela pandemia. Mas destacamos que a solicitação da elaboração do roteiro experimental de maneira semelhante ao proposto no REO Investigativo I, previamente a aula experimental, pode ser promissora inclusive no ensino presencial.

No mais, o presente trabalho não foi realizado conforme esperado, devido a pandemia, mas, na medida do possível, foi prazeroso o desenvolvimento do mesmo principalmente por perceber que de alguma maneira poderia contribuir nos processos de ensino e aprendizagem, em um momento tão atípico. As titulações, no geral, desde o início do curso despertam profundo interesse e curiosidade, enquanto que as reações de oxirredução sempre foram uma dificuldade. Assim, trabalhar com as titulações de oxirredução foi, ao mesmo tempo, interessante e desafiador. Já as análises de tipos de perguntas e níveis cognitivos e o uso da abordagem investigativa possibilitaram refletir sobre a importância de se estudar os processos de ensino e aprendizagem para a promoção da aprendizagem significativa, a fim de considerar o estudante como agente ativo da própria construção do conhecimento.

Por fim, indicamos a necessidade e importância de continuar as análises dos outros dados coletados ao longo do Estudo Investigativo (2020/1 e 2020/2) possibilitando uma visão mais completa. Possivelmente novas conclusões e inferências poderão ser feitas de modo a contribuir com futuras ministrações de aulas experimentais na perspectiva do ensino por investigação.

## REFERÊNCIAS

- BECK, C. M. Classical analysis. A look at the past, present, and future. **Analytical Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 224A-239A, 1994.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**: Uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Editora Porto, 1994.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BORGES, D. A. Problemas estequiométricos em química: uma questão de proporcionalidade. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- BRASIL (a). Portaria nº 343, de 17 de março de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus - COVID-19. **Diário Oficial da União**. Ministério da Educação, Brasília, DF, 18 mar 2020. Seção 1, p. 39.
- \_\_\_\_\_ (b). Portaria nº 395, de 15 de abril de 2020. Prorroga o prazo previsto no § 1º do art. 1º da Portaria nº 343, de 17 de março de 2020. **Diário Oficial da União**. Ministério da Educação, Brasília, DF, 16 abr 2020. Seção 1, p. 61.
- \_\_\_\_\_ (c). Portaria nº 544, de 16 de junho de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a situação de pandemia do novo coronavírus - Covid-19, e revoga as Portarias MEC nº 343, de 17 de março de 2020, nº 345, de 19 de março de 2020, e nº 473, de 12 de maio de 2020. **Diário Oficial da União**. Ministério da Educação, Brasília, DF, 17 jun 2020. Seção 1, p. 62.
- BURNS, D. T.; SZABADVARY, F.; ZOLOTOV, Y. A. History of Analytical Science. **Encyclopedia of Analytical Science** (Third Edition). Academic Press, 2019, Pages 399-410.
- CAAMAÑO, A. **La enseñanza y el aprendizaje de la química**. In: JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (Coord.) et al. **Enseñar Ciencias**. Barcelona: GRAÓ, 2007, p. 95- 118.
- CAPIM, S. L.; LIMA-JUNIOR, C. G. (2014). **Integrando laboratório virtual às aulas práticas tradicionais: uma experiência na disciplina de química geral**. Em XVII Encontro Nacional de Ensino de Química. Ouro Preto: ENEQ.
- CAMEL, N. J. C.; PACCA, J. L. A. Concepções alternativas em eletroquímica e circulação da corrente elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 7-26, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.
- COHEN, E. R.; *et al.* **Grandezas, unidades e símbolos em físico-química**; tradução de Romeu C. Rocha-Filho e Rui Fausto (coords.). – São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2018. 272 p. ISBN – 978-85-64099-19-7.

CZEKSTER, H. C.; AGOSTINHO, S. M. L.; MAXIMIANO, F. A. (2011). **Avaliação de um estudo de caso no ensino de eletroquímica**. Em 34º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Florianópolis: RASBQ.

DUVAL, C. Francois Descroizilles, the inventor of volumetric analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 28, n. 10, p. 508, 1951.

ESPIMPOLO, D. M.; SANCHEZ, J. R.; ARAÚJO, R. B.; ABREU, D. G. (2016). **Utilização das TICs em uma atividade orientadora sobre eletroquímica: metodologias para o ensino superior**. Em XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis: ENEQ.

FERRAZ, A. T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, C. N. S.; SILVA, M. G. L. (2011). **Dificuldades de aprendizagem no ensino de eletroquímica segundo licenciandos de química**. Em VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Campinas: ENPEC.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia - saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

GEPEQ. **Atividades experimentais de química no ensino médio: reflexões e propostas**. São Paulo: SEE/CENP, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GOES, L. F. **Reações redox: uma proposta para desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo**. São Paulo, 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GOES, L. F.; FERNANDEZ, C.; AGOSTINHO, S. M. L. (2016). **Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica**. Em XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis: ENEQ.

GOMES, G. S.; FREITAS, K. C. S.; LIMA, A. A.; SILVA, S. A.; SOUZA, S. R. (2014). **Utilização de um biossensor para dosagem de triglicerídeos em caldos industrializados utilizados na culinária brasileira como ferramenta didática para o ensino de eletroquímica**. Em XVII Encontro Nacional de ensino de química. Ouro Preto: ENEQ.

HAGE, D. S.; CARR, J. D. **Química analítica e análise quantitativa**. 1. ed. São Paulo, SP: Pearson, c2012. x, 705 p. ISBN 9788576059813 (Broch.).

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 9. Rio de Janeiro LTC 2017 1 recurso online ISBN 9788521634522.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8.  
<https://doi.org/10.1351/goldbook>.

JOHANSSON, A. The development of the titration methods: some historical annotations. **Analytica chimica acta**, v. 206, p. 97-109, 1988.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

NOGUEIRA, K. S. C.; DE GOES, L. F.; FERNANDEZ, Carmen. 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, n. 3, p. 410-434, 2017.

OLIVEIRA, I. M.; *et al.* (2016). **Investigando a relação entre o nível cognitivo de perguntas e respostas em questionários propostos em uma sequência de aulas.** Em XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Florianópolis: ENEQ.

RAVIOLO, A.; MARTÍNEZ AZNAR, M. Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. **Educación Química**, v. 14, n. 3, p. 159-165, 2003.

SANJUAN, M. E. C.; MAIA, J. O.; 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.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SILVA, F. N.; SILVA, R. A.; RENATO, G. A.; SUART, R. C. Concepções de professores dos cursos de Química sobre as atividades experimentais e o Ensino Remoto Emergencial. **Revista Docência do Ensino Superior**, Belo Horizonte, v. 10, e024727, p. 1-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2020.24727>.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de química analítica**. 9. ed., atual. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2015. xvii, 950, [115] p. ISBN 9788522116607 (broch.).

SOUSA, F. F. P.; COELHO, E. F. C.; COSTA, A. N. A.; MENDONÇA, J. M.; CAVALCANTE, K. S. B (2012). **Determinação de cloro em alvejantes por oxirredução: uma prática didática para o ensino de química analítica.** Em XVI Encontro Nacional de ensino de química. Salvador: ENEQ.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, ISSN 1806-5821, Vol. 14, 1, 2009, pags. 50-74.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; LAMAS, M. F. P.. A Estratégia “Laboratório Aberto” para a Construção do Conceito de Temperatura de Ebulição e a Manifestação de Habilidades Cognitivas. **Química Nova na Escola**. Vol. 32, N° 3, AGOSTO 2010.

TERRA, J.; ROSSI, A. V. Sobre o desenvolvimento da análise volumétrica e algumas aplicações atuais. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 1, 166-171, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (a). Portaria nº 232, de 18 de março de 2020. Regulamenta, por tempo indeterminado, a suspensão do calendário escolar do curso de graduação presencial da UFLA. Lavras, 2020. Disponível em:

[https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res059\\_2020.pdf](https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res059_2020.pdf) Acesso em: 21 mar. 2021.

\_\_\_\_\_ (b). Resolução CEPE nº 059, de 14 de maio de 2020. Dispõe sobre a realização de atividades letivas de graduação referentes ao primeiro semestre letivo de 2020. Lavras, 2020. Disponível em: [https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res059\\_2020.pdf](https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res059_2020.pdf) Acesso em: 21 mar. 2021.

\_\_\_\_\_ (c). Resolução CEPE Nº 089, de 29 de julho de 2020. Altera a redação da Resolução CEPE nº 059/2020. Lavras, 2020. Disponível em: [https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/5\\_089\\_29072020.pdf](https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/5_089_29072020.pdf) Acesso em: 21 mar. 2021.

\_\_\_\_\_ (d). Resolução CEPE nº 119, de 31 de agosto de 2020. [Com alterações]. Dispõe sobre a realização de atividades letivas dos cursos presenciais de graduação referentes ao segundo semestre letivo de 2020. Lavras, 2020. Disponível em: [https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res119\\_2020\\_-\\_ERE\\_2020-2\\_-\\_alterada\\_pela\\_res178\\_2020.pdf](https://prograd.ufla.br/images/arquivos/legislacoes/res119_2020_-_ERE_2020-2_-_alterada_pela_res178_2020.pdf) Acesso em: 21 mar. 2021.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉVIO

- 1 – Nome.
- 2 – Matrícula.
- 3 – Turma.
- 4 – Escreva quatro palavras que vem a sua mente quando pensa em oxirredução:
  - 4.1 – Qual a primeira palavra que vem a sua mente?
  - 4.2 – Qual a segunda palavra que vem a sua mente?
  - 4.3 – Qual a terceira palavra que vem a sua mente?
  - 4.4 – Qual a quarta palavra que vem a sua mente?
  - 4.5 – Escreva um pequeno texto sobre o termo “oxirredução” utilizando as 4 palavras citadas.
- 5 – Defina o termo reações de oxirredução.
- 6 – Defina o termo ânodo.
- 7 – Defina o termo cátodo.
- 8 – Defina o termo ponte salina.
- 9 - Escreva quatro palavras que vem a sua mente quando pensa em volumetria de oxirredução
  - 9.1 – Qual a primeira palavra que vem a sua mente?
  - 9.2 – Qual a segunda palavra que vem a sua mente?
  - 9.3 – Qual a terceira palavra que vem a sua mente?
  - 9.4 – Qual a quarta palavra que vem a sua mente?
  - 9.5 – Escreva um pequeno texto sobre o termo “volumetria de oxirredução” utilizando as palavras citadas.

## APÊNDICE B – REO INVESTIGATIVO I



GQI 111- Quím. Anal. Experimental II

Prof. XX

Profª. YY

### ROTEIRO DE ESTUDO ORIENTADO (REO)

18/12/2020 – 22/01/2021

#### **Roteiro a ser desenvolvido INDIVIDUALMENTE ou EM DUPLA e DIGITADO**

#### **O que vamos estudar?**

Este Roteiro de Estudos Orientados (REO) contém instruções sobre a proposição de método analítico para determinação de ferro ou cobre por Volumetria de OXIRREDUÇÃO. Para atender a finalidade proposta, os conceitos e cálculos relacionados à análise volumétrica deverão ser empregados.

#### **O que já sabemos e o que precisamos aprender?**

Dando continuidade ao estudo da volumetria de oxirredução, este REO foi elaborado conjuntamente com o monitor da disciplina Pedro Micael de Castro Caputo, que propôs as atividades considerando uma estratégia de ensino chamada Laboratório Aberto. Nessa estratégia, vocês estudantes

têm a oportunidade de participar de todas as etapas de uma investigação: levantamento de hipótese, elaboração do procedimento experimental, coleta e análise dos dados, proposição de conclusões. (SUART; MARCONDES; LAMAS, 2010, p.201)

Tal estratégia foi escolhida a fim de proporcionar a vocês, estudantes, momentos de reflexão e aplicação de seus conhecimentos na elaboração de um roteiro experimental, uma vez que, geralmente, esses roteiros já são entregues prontos, sem que haja espaço para discussão do porque daquele procedimento ter sido elaborado de tal maneira ou porque dos volumes serem aqueles definidos ou se é possível fazer alterações no mesmo.

Vale ressaltar também que, se possível, os procedimentos elaborados por vocês serão executados quando tivermos a oportunidade de voltarmos presencialmente. Para tal, os roteiros serão avaliados pelos professores e vocês terão a oportunidade de corrigi-los.

Portanto, não se assustem, pois nesse REO além de calcular as quantidades e possíveis diluições da amostra, vocês irão propor a metodologia a ser empregada, indicar analitos e reagentes, bem como detalhar todas as etapas dessa análise volumétrica. Obviamente vocês serão assessorados pelos professores e pelo monitor no decorrer de todas as atividades.

**ATENÇÃO:** O roteiro poderá ser desenvolvido durante o período de recesso escolar, pois está sendo disponibilizado no dia 18/12/20. Nesse caso, as dúvidas deverão ser encaminhadas para o e-mail do monitor ou no grupo de *WhatsApp*<sup>®</sup> disponível no link:

<https://chat.whatsapp.com/DGPIMRgZSyV1lu5wVzxzmx>

O monitor se disponibiliza a realizar videoconferência com os discentes que desejarem, desde que haja agendamento prévio.

### **O que devemos fazer para saber?**

Os primeiros passos para entendermos o conteúdo abordado nesse REO é ter certeza que dominamos os pré-requisitos necessários. Os conceitos necessários para a realização deste REO encontram-se disponíveis nos capítulos 18, 19 e 20 do livro base da disciplina [1]. Em específico sobre as titulações de oxirredução, o capítulo 19 (itens D, E e F) e o capítulo 20.

## **ATIVIDADE 1 – ELABORAÇÃO DO OBJETIVO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

*Imagine que vocês estão em um laboratório de química e vão realizar um experimento envolvendo Volumetria de Oxirredução, mas o professor responsável não forneceu um roteiro experimental. Nesse contexto, vocês discentes são os responsáveis por elaborar todo o roteiro a partir dos reagentes, vidrarias e equipamentos disponíveis.*

Inicie escolhendo um entre os dois analitos a seguir e indique um motivo para que seja necessário quantificá-lo, sendo este, o **OBJETIVO**, do experimento:

**FERRO**

**COBRE**

Para ajudar a escolher o analito e escrever o objetivo do experimento reflita sobre: “Por que realizar a quantificação de cobre ou ferro? Em que situação ou situações esse procedimento é importante?”

Feita a escolha do analito, proponha como será a execução do experimento explicitando toda a parte de **REAGENTES**, **VIDRARIAS**, **EQUIPAMENTOS** e os **PROCEDIMENTOS** a serem realizados. Lembrando que os reagentes, vidrarias e demais

equipamentos serão limitados aos disponíveis no laboratório. O “Apêndice 5” do livro base da disciplina deve ser consultado para auxiliá-los nas escolhas e justificativas.

As listas de reagentes, vidrarias e demais equipamentos disponíveis no laboratório são as seguintes:

Ácido acético	Ácido clorídrico	Ácido nítrico
Ácido sulfúrico	Água destilada	Amido
Azul de bromotimol	Cloreto de prata	Dicromato de potássio
Fenolftaleína	Hexano	Hidróxido de amônio
Hidróxido de potássio	Hidróxido de sódio	Iodeto de potássio
Iodo	Lugol	Molibdato de Amônio
Nitrato de prata	Tiocianato de amônio	Tiosulfato de sódio

Almofariz e Pistilo	Balança analítica	Balões Volumétricos (50, 100 e 250 mL)
Banho de gelo	Bastão de vidro	Beckers (50, 100 e 250 mL)
Buretas (25 mL e 50 mL)	Centrífuga	Chapa aquecedora
Destilador completo	Erlenmeyers (50, 100 e 250 mL)	Espátula INOX
Frascos de resíduos	Filtrador a vácuo completo	Funil
Funil de separação	Papel de filtro	Pipetas Graduadas (5, 10 e 20 mL)
Pipetas Volumétricas (5, 10 e 20 mL)	Pisseta	Provetas (50, 100 e 200 mL)

As concentrações dos reagentes e as quantidades que serão consumidas devem ser previstas por você, bem como os processos de diluição, se necessários!

### ATIVIDADE 1.1 – RESULTADOS ESPERADOS

Nesta atividade vocês deverão prever os resultados do procedimento experimental proposto e discuti-los respondendo as questões a seguir. Não responda apenas Sim ou Não, sempre justifique e exemplifique suas respostas.

1. Quais são as equações químicas balanceadas envolvidas no experimento proposto?
2. Como vocês identificarão que o ponto final da titulação foi atingido?
3. Quais são os cálculos necessários para a quantificação do analito?
4. Quais erros podem ocorrer durante a execução do experimento? Como esses erros podem interferir nos resultados esperados? Como evitá-los?

5. No roteiro experimental, os procedimentos devem ser rigorosamente executados na ordem proposta? Se sim, por quê? Se não, por que podem ser trocados e qual(is) alteração(ões) não afetariam nos resultados esperados?
6. Em seu procedimento experimental, existe algum reagente que pode ser substituído por outro entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) reagente(s) é possível trocar?
7. Em seu procedimento experimental, existe alguma vidraria e/ou equipamento que pode ser substituído por outra entre as opções acima disponibilizadas? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) vidraria(s) e/ou equipamento(s) é possível trocar?
8. Quais substâncias você espera que interfiram no seu experimento? Quais erros eles podem ocasionar? Como você faria para contornar essa situação?
9. Após tratamento dos dados, como vocês avaliariam se com a execução do procedimento foi satisfatória? Como vocês conseguiriam alcançar o(s) objetivo(s) proposto (s)? Justifique.
10. **Questão não avaliativa:** Faça comentários sobre a execução deste REO. Críticas e sugestões são sempre bem vindas!

**OBSERVAÇÃO:** As atividades **1 e 1.1** e as referências utilizadas deverão ser digitadas e encaminhadas até o dia 22/01/2021 em um único arquivo .pdf nomeado da seguinte maneira “**NOME(S) DO(S) ESTUDANTE(S)–PROPOSTA DE EXPERIMENTO**”, pois facilita na hora de identificar os arquivos baixados. É sugerido deixar com vocês uma cópia das atividades em arquivo .doc ou .docx, pois as mesmas poderão voltar para ser corrigidas.

**ATENÇÃO:** Os professores e o monitor não responderão diretamente se os procedimentos propostos são possíveis de serem realizados, pois esse olhar crítico deverá partir de vocês. Portanto não se esqueçam de justificar todas as escolhas e os resultados esperados. Os argumentos de vocês são fundamentais! Depois que todas as atividades forem entregues teremos um momento para discutir os procedimentos propostos e será dado feedback.

### **Como seremos avaliados?**

Vocês serão avaliados durante todo o processo, por meio do engajamento nas atividades, pela coerência e organização das escolhas e justificativas e pelo capricho.

As atividades deverão ser digitalizadas em arquivo PDF e enviadas até as respectivas datas. Trabalhos plagiados de quaisquer meio e/ou dos colegas serão penalizados com nota igual a 0.

A distribuição de notas das atividades é a seguinte:

Atividade 1 – 50% da nota deste REO.

Atividade 1.1 – 50% da nota deste REO.

### **Referências.**

Durante esse período de estudo remoto emergencial usaremos o livro [1] que está disponível em “Minha Biblioteca” na biblioteca virtual da UFLA (não confundir com “biblioteca virtual”, que é outro acesso possível na biblioteca da UFLA). Caso sintam a necessidade de aprofundamento do conteúdo abordado, a utilização de bibliografia básica e complementar, de acordo com a ementa da disciplina, também favorece o bom aproveitamento da disciplina, sendo que alguns dos livros estão disponíveis ou na "Minha Biblioteca" ou na "Biblioteca Virtual" do site da UFLA.

### **BIBLIOGRAFIA**

D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, **Fundamentos de Química Analítica**, Cengage Learning, São Paulo, 2ª Edição (Tradução da 9ª Edição Norte-Americana)2014.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; LAMAS, M. F. P.. A Estratégia “Laboratório Aberto”. **Química Nova na Escola**. Vol. 32, N° 3, AGOSTO 2010.

## APÊNDICE C – REO INVESTIGATIVO II



### ROTEIRO DE ESTUDOS ORIENTADOS (REO)

#### Roteiro a ser desenvolvido INDIVIDUALMENTE ou EM DUPLA e DIGITADO

#### 1. O que vamos estudar?

Este Roteiro de Estudos Orientados (REO) foi proposto para ser desenvolvido em 7 dias e tem por objetivo dar continuidade aos estudos de Volumetria de Oxirredução, iniciado no ESTUDO INVESTIGATIVO.

#### 2. O que já sabemos e o que precisamos aprender?

No ESTUDO INVESTIGATIVO, vimos o quão importante, e difícil, é elaborarmos um roteiro experimental. Entretanto, essa estratégia é interessante para que possamos refletir sobre diversas variáveis que estão envolvidas nas técnicas volumétricas que, muitas vezes, não somos instigados a pensar porque recebemos o roteiro experimental pronto.

Dentre essas variáveis que mais se destacaram nas propostas de experimento elaboradas por vocês temos: i) os interferentes da amostra que geralmente não existem nas práticas de ensino e, com isso, os estudantes têm grande dificuldade de propor maneiras de identificar como essas substâncias interferem na análise e como é possível minimizá-los; ii) em todos os procedimentos propostos existem reagentes que são acrescentados ao erlenmeyer junto ao analito e possuem funções específicas. Percebeu-se grande dificuldade em identificar a função desses reagentes, as quantidades que devem ser adicionadas deles para que o procedimento tenha resultado satisfatório e possíveis interferências que estes podem acarretar; iii) Por fim, percebeu-se que os estudantes tiveram grande dificuldade em avaliar possíveis alterações nos roteiros propostos, seja alteração de reagente e/ou da ordem propostas, pois, a maioria dos procedimentos permitiam algumas alterações, que não foram evidenciadas por grande parte dos estudantes.

Em suma, os procedimentos experimentais propostos por vocês estavam de acordo com a Volumetria de Oxirredução e, este REO, tem por objetivo possibilitar que vocês possam refletir mais sobre alguns pontos importantes e, assim, possam corrigir e acrescentar informações aos seus respectivos roteiros experimentais. Além disso, como não é possível

colocar em prática esses roteiros, vocês terão a oportunidade de coletar e analisar dados a partir de vídeos gravados de algumas das técnicas propostas por vocês.

### **3. O que devemos fazer para saber?**

Vocês receberão os arquivos corrigidos do ESTUDO INVESTIGATIVO e terão acesso a alguns vídeos. A partir desses materiais, vocês deverão realizar as seguintes atividades:

#### **ATIVIDADE 1 – CORREÇÃO DOS ROTEIROS EXPERIMENTAIS**

Alguns comentários foram adicionados aos roteiros experimentais (elaborados no ESTUDO INVESTIGATIVO) para que vocês possam pensar sobre os pontos destacados e possam acrescentar o que foi solicitado. Para os roteiros incompletos, vocês terão a oportunidade de completá-los.

#### **ATIVIDADE 1.1 – REPRESENTAÇÃO SUBMICROSCÓPICA DO EXPERIMENTO**

Faça uma representação esquemática, em seu caderno, EVIDENCIANDO os aspectos submicroscópicos sobre como estão organizados os átomos das espécies presentes, nos seguintes momentos:

- I – Antes de iniciar a titulação;
- II – Após iniciar a titulação e antes de atingir o ponto de equivalência;
- III – Após iniciar a titulação e ao atingir o ponto de equivalência;
- IV – Após iniciar a titulação e após atingir o ponto de equivalência.

Procurem utilizar de todo conhecimento que vocês aprenderam no curso de química até aqui, não apenas nas disciplinas de Química Analítica, pois como sabemos, essa divisão em disciplinas é apenas uma maneira didática de se estudar a ciência química. Na realidade, os fenômenos da natureza são uma mistura de todas as áreas do conhecimento.

**OBSERVAÇÃO:** As atividades **1** e **1.1** devem ser encaminhadas em um único arquivo .pdf nomeado da seguinte maneira “NOME(S) DO(S) ESTUDANTE(S) – CORREÇÕES ESTUDO INVESTIGATIVO”, pois facilita na hora de identificar os arquivos baixados

## **ATIVIDADE 2 - COLETA E ANÁLISE DE DADOS – a ser desenvolvido INDIVIDUALMENTE**

Assista aos vídeos indicados a seguir, quantas vezes forem necessárias, e faça as atividades solicitadas.

**Vídeo 1:** Determinação de ferro na amostra sólida através da técnica de iodometria. Vídeo de autoria do professor XX.

Link: <https://youtu.be/2zPi6UEZmNU>

- A partir do **VÍDEO 1 anote todos os dados** referentes ao procedimento experimental (concentração do tiosulfato de sódio na descrição do vídeo).
- Com os dados coletados **realize os cálculos** para a quantificação do analito, em %(m/m).

**Vídeo 2:** Determinação de peróxido de hidrogênio através da técnica de iodometria. Vídeo de autoria do professor XX.

Link: <https://youtu.be/cbdR4uVxdtk>

- A partir do **VÍDEO 2 anote todos os dados** referentes ao procedimento experimental. **CONSIDERAR O PROCESSO DE DILUIÇÃO DO VÍDEO DE DETERMINAÇÃO DE PERÓXIDO POR PERMANGANATOMETRIA** (<https://youtu.be/INy8fKJluDk>)
- No vídeo 2, os procedimentos devem ser rigorosamente executados na ordem proposta? Se sim, por quê? Se não, por que podem ser trocados e qual(is) alteração(ões) não afetariam nos resultados esperados?
- No experimento mostrado em vídeo, existe algum reagente que pode ser substituído? Se não, por quê? Se sim, por que podem ser trocados e por qual(is) reagente(s) é possível trocar?
- Quais substâncias poderiam ser interferentes no experimento mostrado no vídeo? Quais erros eles podem ocasionar? Como você faria para contornar essa situação?
- Com os dados coletados **realize os cálculos** para a quantificação do analito, em %(m/v).

**OBSERVAÇÃO:** A atividade 2 deve ser encaminhada em um único arquivo .pdf nomeado da seguinte maneira “NOME DO ESTUDANTE – COLETA E ANÁLISE DE DADOS ESTUDO INVESTIGATIVO”, pois facilita na hora de identificar os arquivos baixados.

### **ATIVIDADE 3 – FEEDBACK DOS ESTUDANTES**

Responder o questionário disponível no link a seguir:

<https://forms.gle/CuhWXbUfC7iyqWt17>

O questionário serve para vocês avaliarem/opinarem sobre as atividades dos ESTUDO INVESTIGATIVO e deste REO. Essa atividade não é obrigatória e não comporá a nota deste REO.

#### **4. Como seremos avaliados?**

Vocês serão avaliados durante todo o processo, por meio do engajamento nas atividades, pela coerência e organização das escolhas e justificativas e pelo capricho.

As atividades deverão ser digitalizadas em arquivo PDF e enviadas até as respectivas datas. Trabalhos plagiados de quaisquer meios e/ou dos colegas serão penalizados com nota igual a 0.

A distribuição de notas das atividades é a seguinte:

- Atividade 1 e 1.1 – 60% da nota deste REO.
- Atividade 2 – 40% da nota deste REO.

#### **5. Referências.**

Durante esse período de estudo remoto emergencial usaremos o livro [1] que está disponível em “Minha Biblioteca” na biblioteca virtual da UFLA (não confundir com “biblioteca virtual”, que é outro acesso possível na biblioteca da UFLA). Caso sintam a necessidade de aprofundamento do conteúdo abordado, a utilização de bibliografia básica e complementar, de acordo com a ementa da disciplina, também favorece o bom aproveitamento da disciplina, sendo que alguns dos livros estão disponíveis ou na "Minha Biblioteca" ou na "Biblioteca Virtual" do site da UFLA.

#### **BIBLIOGRAFIA**

[1] D.A. Skoog, D.M. West, F.J. Holler, S.R. Crouch, **Fundamentos de Química Analítica**, Cengage Learning, São Paulo, 2ª Edição (Tradução da 9ª Edição Norte-Americana) 2014.

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO “FEEDBACK DOS ESTUDANTES”

1 – Nome.

2 – Matrícula.

3 – Turma.

4 – E-mail.

5 – Você julga que a execução dos REO8 e REO12 contribuíram para sua formação? Explique.

6 - Em uma escala de 1 (não participei) a 5 (participei ativamente, me dedicando em todas as atividades) responda:

6.1 – Como você avalia sua participação (envolvimento) no desenvolvimento do estudo investigativo - parte 1?

6.1.1 – Comentários sobre a participação no estudo investigativo - parte 1.

6.2 – Como você avalia sua participação (envolvimento) no desenvolvimento do estudo investigativo - parte 2?

6.2.1 – Comentários sobre a participação no estudo investigativo - parte 2.

7 – Faça uma reflexão sobre as atividades dos REOS referentes ao estudo investigativo, e julgue as habilidades que podem ter sido desenvolvidas durante a execução.

7.1 – Considere a escala: discordo fortemente (DF); discordo parcialmente (DP); não tenho opinião formada (I); concordo parcialmente (CP); concordo totalmente (CT)

<b>HABILIDADES</b>	<b>DF</b>	<b>DP</b>	<b>I</b>	<b>CP</b>	<b>CT</b>
capacidade de comunicação escrita					
capacidade de pesquisa de informações em fontes confiáveis					
capacidade de argumentação diante de questionamentos					
capacidade de persuasão na apresentação das conclusões					
entendimento sobre a construção da ciência					
busca de soluções para problemáticas					
capacidade de tomada de decisões diante de uma situação problema					
estímulo a curiosidade					
planejamento de procedimentos					
análise crítica de dados					
aprendizagem de conceitos químicos					
capacidade de formulação de hipóteses					
capacidade de realizar trabalho em grupo (dupla)					

7.2 – Comentários livres sobre as habilidades

8 – Você julga ser interessante desenvolver uma atividade na perspectiva do 'laboratório aberto', semelhante a proposta do estudo investigativo, quando retornarem as aulas presenciais? Explique.

9 – Faça comentários de forma livre sobre os REOS referentes ao estudo investigativo.