



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**EDIELSON DE MIRANDA SANTOS**

**EFEITOS DA METODOLOGIA BASEADA EM PROBLEMAS (*PROBLEM BASED  
LEARNING-PBL*) NO ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES EM AULAS  
REMOTAS DE QUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO SUPERIOR**

**Orientador:**

Prof. Dr. Everson Thiago Santos Gerônimo da Silva

**Co-orientador:**

Prof. Dr. Roberto Alves de Sousa Luz

Teresina

2024

**EDIELSON DE MIRANDA SANTOS**

**EFEITOS DA METODOLOGIA BASEADA EM PROBLEMAS (*PROBLEM BASED LEARNING-PBL*) NO ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES EM AULAS REMOTAS DE QUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO SUPERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química-PPGQ da Universidade Federal do Piauí-UFPI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química.

Área de concentração: Físico-Química

Linha de pesquisa: Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Everson Thiago Santos  
Gerônimo da Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Alves de  
Sousa Luz.

Teresina

2024

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

S237e Santos, Edielson de Miranda.  
Efeitos da metodologia baseada em problemas (Problem Based Learning - PBL) no engajamento dos estudantes em aulas remotas de química: um estudo de caso no ensino superior. / Edielson de Miranda Santos. -- 2023.  
129 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Química, Teresina, 2023.  
“Orientador: Prof. Dr. Everson Thiago Santos Gerônimo da Silva. Coorientador: Prof. Dr. Roberto Alves de Sousa Luz.”

1. Química - estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Ensino superior. 4. Problem Based Learning - PBL. I. Silva, Everson Thiago Santos Gerônimo da. II. Luz, Roberto Alves de Sousa. II. Título.

CDD 540.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

**EDIELSON DE MIRANDA SANTOS**

**EFEITOS DA METODOLOGIA BASEADA EM PROBLEMAS (*PROBLEM BASED LEARNING-PBL*) NO ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES EM AULAS REMOTAS DE QUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO SUPERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química-PPGQ da Universidade Federal do Piauí-UFPI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química. Área de concentração: Físico-Química.

Linha de pesquisa: Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Everson Thiago Santos Gerônimo da Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Alves de Sousa Luz.

Aprovada em 30 de novembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Everson Thiago Santos Gerônimo da Silva (Orientador-Presidente da Banca – UFPI)

---

Prof. Dr. Roberto Alves de Sousa Luz (Co-orientador-Membro Titular – UFPI)

---

Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira (Examinadora Interna/UFPI)

---

Profa. Dra. Patrícia Maria Azevedo Xavier (Examinadora Externa à Instituição/IFBA)

Teresina

2024

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por ter me fortalecido na fé, renovado minhas energias e esperança para que eu conseguisse chegar até aqui, mesmo diante de tantos obstáculos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química-PPGQ da Universidade Federal do Piauí-UFPI pelo enquanto instituição.

Aos Professores Dr. Everson Thiago Santos Gerônimo da Silva e Dr. Roberto Alves de Sousa Luz pela paciência, dedicação, compreensão e por abraçarem o projeto e compartilharem seus conhecimentos comigo.

À Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira pela sua generosidade em compartilhar seus conhecimentos, sempre disposta a ajudar. Cada minuto que parei para ouvi-la foi de muito aprendizado.

À minha esposa Simone e aos meus filhos Letícia e Rafael por me apoiarem durante todo o processo, embora inúmeras vezes tenha precisado ficar isolado em uma sala estudando, deixando de aproveitar os momentos em família para me dedicar ao projeto.

Ao meu irmão Oziel por me incentivar e se colocar sempre à disposição.

Aos meus avós António e Ilda pelo apoio e incentivo durante todo o processo.

Aos meus amigos Gilvan e Vicente pelo incentivo desde a seleção para ingresso ao mestrado como durante a pesquisa.

Minha gratidão a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização e conclusão deste trabalho

*“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.”*

**(Thomas Edison 1847-1931)**

## RESUMO

O fechamento das instituições de ensino em decorrência da pandemia do COVID-19 impactou diretamente a oferta das aulas presenciais. Desse modo, o ensino emergencial remoto ganhou força e espaço para que fosse garantida a continuidade das aulas. Juntamente com ele surgiram diversas dificuldades que impactaram o processo de ensino aprendizagem, tais como: falta de acesso à internet, formação específica do professor para lidar com essa modalidade de ensino, domínio das ferramentas tecnológicas, falta de dispositivos e, por fim, uso apropriado de metodologias capazes de manter e aprofundar o engajamento dos alunos nas atividades propostas. O presente trabalho tem como objetivo investigar a influência da metodologia PBL como estratégia de aprendizagem na promoção do engajamento estudantil em aulas de química em ambiente virtual. Para isso, problemas simples foram desenvolvidos e apresentados e, com auxílio de relatórios de progressão parcial e final, além das gravações das aulas virtuais, avaliações escritas, foi possível identificar e avaliar os aspectos que caracterizam os indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo, desempenho acadêmico e aceitação da turma em relação às atividades propostas. A análise dos resultados evidenciou que no primeiro ciclo de aprendizagem, embora os alunos tenham apresentado dificuldades de natureza conceitual, falta de conhecimento da metodologia, adaptabilidade, fatores que limitam o ensino remoto emergencial, verificou-se que os aspectos que caracterizam engajamento foram superiores àqueles que caracterizam o desengajamento. Observou-se nos segundo e terceiro ciclos que os discentes demonstraram maior interesse, envolvimento, participação, interação com o professor, capacidade de análise e síntese. Em outras palavras, aumentou o nível de engajamento dos grupos nas atividades propostas. Além disso, os resultados das avaliações indicaram que 100% dos pesquisados obtiveram rendimento acadêmico acima da média (>7,0). Assim, com base nesses resultados é possível afirmar que a aplicação de metodologias ativas pode ser uma estratégia efetiva para gerar e manter o engajamento em aulas de química.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Baseada em Problemas (-PBL); ensino de química; metodologias ativas; engajamento estudantil.

## ABSTRACT

The closure of educational institutions as a result of the COVID-19 pandemic directly impacted the provision of in-person classes. In this way, remote emergency teaching gained strength and space to ensure the continuity of classes. Along with this, several difficulties arose that impacted the teaching-learning process, such as: lack of internet access, specific teacher training to deal with this teaching modality, mastery of technological tools, lack of devices and, finally, appropriate use of methodologies capable of maintaining and deepening student engagement in the proposed activities. The present work aims to investigate the influence of the PBL methodology as a learning strategy in promoting student engagement in chemistry classes in a virtual environment. For this, simple problems were developed and presented and, with the help of partial and final progression reports, in addition to recordings of virtual classes and written assessments, it was possible to identify and evaluate the aspects that characterize indicators of behavioral, emotional and cognitive engagement, academic performance and class acceptance of the proposed activities. The analysis of the results showed that in the first learning cycle, although the students presented difficulties of a conceptual nature, lack of knowledge of the methodology, adaptability, factors that limit emergency remote teaching, it was found that the aspects that characterize engagement were superior to those that characterize disengagement. It was observed in the second and third cycles that students demonstrated greater interest, involvement, participation, interaction with the teacher, ability to analyze and synthesize. In other words, the level of engagement of the groups in the proposed activities increased. Furthermore, the results of the assessments indicated that 100% of those surveyed achieved academic performance above average (>7.0). Thus, based on these results, it is possible to affirm that the application of active methodologies can be an effective strategy for generating and maintaining engagement in chemistry classes.

**Keywords:** Problem-Based Learning (-PBL); chemistry teaching; active methodologies; student engagement.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Fundamentos Teórico-Methodológicos do Método PBL.....</b>	<b>14</b>
1.1.2 A construção dos problemas.....	17
1.1.3 Papel do professor.....	19
1.1.4 Papel do aluno.....	20
1.1.5 Dinâmica do grupo na sistematização da aprendizagem.....	21
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Gerais.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Específicos.....</b>	<b>24</b>
<b>3 PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>25</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO-METOLÓGICO PARA A ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>30</b>
4.1 Engajamento estudantil.....	30
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Primeiro ciclo de aprendizagem (1º CA-PBL) .....</b>	<b>34</b>
5.1.1 Análise dos relatórios parciais.....	34
5.1.2 Análise dos relatórios finais.....	36
<b>5.2 Segundo ciclo de aprendizagem (2º CA-PBL) .....</b>	<b>39</b>
5.2.1 Análise dos relatórios parciais.....	39
5.2.2 Análise dos relatórios finais.....	41
<b>5.3 Terceiro ciclo de aprendizagem (3º CA-PBL) .....</b>	<b>45</b>
5.3.1 Análise dos relatórios parciais.....	45
5.3.2 Análise dos relatórios finais.....	47
<b>5.4 Desempenho dos alunos nas avaliações escritas referente às três unidades da disciplina de eletroquímica .....</b>	<b>51</b>
<b>5.5 Análise do questionário final: a percepção dos estudantes quanto ao processo de implementação da PBL na disciplina de eletroquímica.....</b>	<b>53</b>
<b>5.6 Feedback dos alunos: vantagens e desvantagens na aplicação da metodologia baseada em problemas (PBL).....</b>	<b>58</b>
5.6.1 Vantagens do método PBL.....	58

5.6.2 Desvantagens do método PBL.....	60
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE H.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE J.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE k.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE L.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE M.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICE N.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE O.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE P.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE Q.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE R.....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE S.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE T.....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE U.....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE V.....</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE W.....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE X.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE Y.....</b>	<b>127</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A pandemia do Covid-19 fez com que os docentes do Brasil e do mundo trocassem as salas de aulas pelas telas e por aplicativos digitais. Em outras palavras, diante do distanciamento e isolamento social, interrupção das aulas presenciais, os docentes tiveram que se reinventar. Durante a crise sanitária, eles tiveram que replanejar todas as suas aulas, propor novas atividades para manter o engajamento dos discentes, escrever novos materiais, gravar em vídeo e áudio os conteúdos dos seus respectivos componentes curriculares, criar grupos por turmas e séries, mudar a sistemática das avaliações, realizar busca ativa dos discentes, aproximar dos familiares dos estudantes para que não fosse perdida a conexão com os mesmos.

O novo coronavírus, denominado SARS-CoV-2, foi descoberto em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, na China. O SARS-CoV-2 é causador da doença Covid-19. O vírus se disseminou rapidamente em diversos países do mundo, assim, a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 30 de janeiro de 2020, reconheceu o surto como uma emergência de saúde pública de importância global. Assim, com aumento do número de casos e óbitos por Covid-19 a OMS, em março de 2020, caracterizou a doença como pandemia. A transmissibilidade do vírus ocorre por meio de gotículas respiratórias, contato direto, objetos e superfícies contaminadas (RONDINI et al., 2020).

A alta transmissão do vírus, aumento dos óbitos, pessoas seriamente doentes ou com sequelas, o caos nos sistemas de saúde públicos e privados, o pânico entre as pessoas, justificaram as estratégias de distanciamento e isolamento social adotadas pela OMS, governos e instituições. Tais medidas interferiram em atividades comerciais, industriais, práticas esportivas, transportes, escolas e aeroportos fechados. Em outras palavras, a pandemia do Covid-19 parou o mundo (RONDINI et al., 2020).

Nesse contexto, com as escolas fechadas, as aulas presenciais suspensas, as instituições de ensino viram-se obrigadas a buscarem estratégias didáticas, por exemplo, o ensino remoto emergencial (ERE), como forma de manter o vínculo da escola com seus alunos, bem como de reduzir o impacto das medidas de

distanciamento e isolamento social. Na pandemia do Covid-19, o ensino remoto ganhou força, as aulas virtuais e as reuniões para planejamento, gerenciamento e monitoramento das atividades pedagógicas com gestores, diretores, professores, pais, alunos, pessoal administrativo foram as estratégias mais utilizadas durante o período pandêmico.

Embora, o ensino remoto emergência tenha surgido como uma das estratégias didáticas e pedagógicas mais utilizada para responder aos efeitos negativos do isolamento social, juntamente com ele evidenciou-se diversas dificuldades enfrentadas por docentes, especialmente, a manutenção de engajamento dos alunos nas aulas online. Para obter a atenção dos estudantes, professores têm buscado novas estratégias de ensino-aprendizagem para aumentar o engajamento nas atividades propostas. Trabalhos na literatura têm apresentado diversas definições para o termo engajamento, o que sugere que o engajamento pode ser avaliado de múltiplas maneiras em sala de aula.

De acordo com Khlaif (2021) o engajamento é definido como o esforço e a energia empregados na resolução de uma tarefa proposta. Para Bergdahl et al. (2020), engajamento é o nível de envolvimento e esforço do aluno dedicado a aprendizagem. Já Banões et al. (2019) considera como o tempo e a energia que os alunos dedicam na resolução de uma atividade de aprendizagem. Por outro lado, Lima et al. (2023) definiram o engajamento como a capacidade de prender a atenção do aluno ou de induzi-lo a se envolver na tarefa proposta. Conceito esse simplificado por Faria e Vaz (2019) que definiram o engajamento como a relação estabelecida entre o estudante e a atividade acadêmica. Toni e Araújo (2023) aprofundaram um pouco mais o debate em torno do conceito se referindo ao envolvimento ativo do estudante em uma tarefa que é determinado pela qualidade dos aspectos comportamentais, emocionais e cognitivos.

Estudos têm apontado o engajamento estudantil como uma das variáveis mais influentes nos resultados de aprendizagem. Esse constructo é portador de uma multiplicidade de significados resultante das diferentes dimensões comportamentais, emocionais e cognitivas (CARA et al., 2022; MARTINS; RIBEIRO,2019). Bergdahl et al. (2020) consideram que a participação e o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas refletem positivamente na retenção do conhecimento e no rendimento acadêmico. O envolvimento nas tarefas escolares tem impactos positivos

na aprendizagem, reduzem a taxa de evasão, o isolamento dos estudantes no ensino online (KHLAIF et al., 2021).

Em um estudo realizado por Khlaif et al. (2021), foram identificados os fatores que influenciam o engajamento dos alunos durante o ensino remoto, por exemplo, o suporte social realizado pelos docentes, colegas de grupo e familiares, emocional e acadêmico, qualidade do conteúdo e material disponibilizado, autoeficácia dos estudantes em relação a utilização do computador, incorporação de métodos ativos de ensino.

Dentro desse contexto, Espinhosa (2021) propõe reflexões acerca das dificuldades encontradas no ensino remoto emergencial, por exemplo, falta de formação específica de boa parte dos docentes para trabalhar com o ensino remoto, dúvidas quanto a implementação de metodologias apropriadas, desconhecimento das ferramentas tecnológicas apropriadas ao ensino online, falta de suporte técnico, disponibilidade de dispositivos tecnológicos seja por parte dos docentes como dos discentes, qualidade do conteúdo digital e sobretudo, conquistar a atenção dos alunos, isto é, mantê-los engajados nas aulas (KHLAIF et al., 2021).

Nessa perspectiva, os educadores têm procurado empregar metodologias ativas como alternativa ao modelo convencional para estimular a participação e o envolvimento dos alunos no ensino remoto. Assim, a metodologia baseada em problemas-ABP ou PBL sigla que vem do inglês (*Problem Based Learning*), é um exemplo de metodologia ativa de ensino aprendizagem construtivista e contextualizada na qual tem como base central os problemas como ponto de partida para direcionar, motivar a busca de conhecimentos e integração entre as diversas áreas do saber. Além disso, tem o intuito de criar hábitos de estudo, favorecer o desenvolvimento da autonomia dos alunos, promover o engajamento estudantil, trabalho em equipe, resolução de problemas, capacidade de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades e competências exigidas na futura prática profissional (DIESEL et al., 2017; GARCIA et al., 2019; MOREIRA; RIBEIRO,2016).

Embora as metodologias ativas, por exemplo a PBL, apresentem várias potencialidades que validam a sua aplicação nas práticas pedagógicas, elas ainda não vêm sendo empregadas amplamente e aceitas na maioria das escolas e no ensino

superior de química. As principais dificuldades encontradas na utilização dessas metodologias no contexto de sala de aula, são de natureza curricular, resistências dos docentes em implementar e compreender a aplicabilidade das metodologias ativas, bem como na aceitação de tais métodos por parte dos discentes (MESQUITA et al., 2016).

Uma das maneiras de incorporar essas estratégias de ensino seria empregando problemas pequenos e de baixa complexidade, que ocupem apenas uma pequena porção da carga horária da aula, como aquela destinada à revisão dos conteúdos, por exemplo. Além de facilitar a adesão de alunos e professores à nova metodologia por ser adicionada de forma gradativa, é possível gerar maior engajamento nas aulas a partir de proposta de revisão de conteúdos empregando metodologias ativas (BORCHOVICIUS; TORTELLA, 2014; FREITAS, 2012; RIBEIRO et al., 2018).

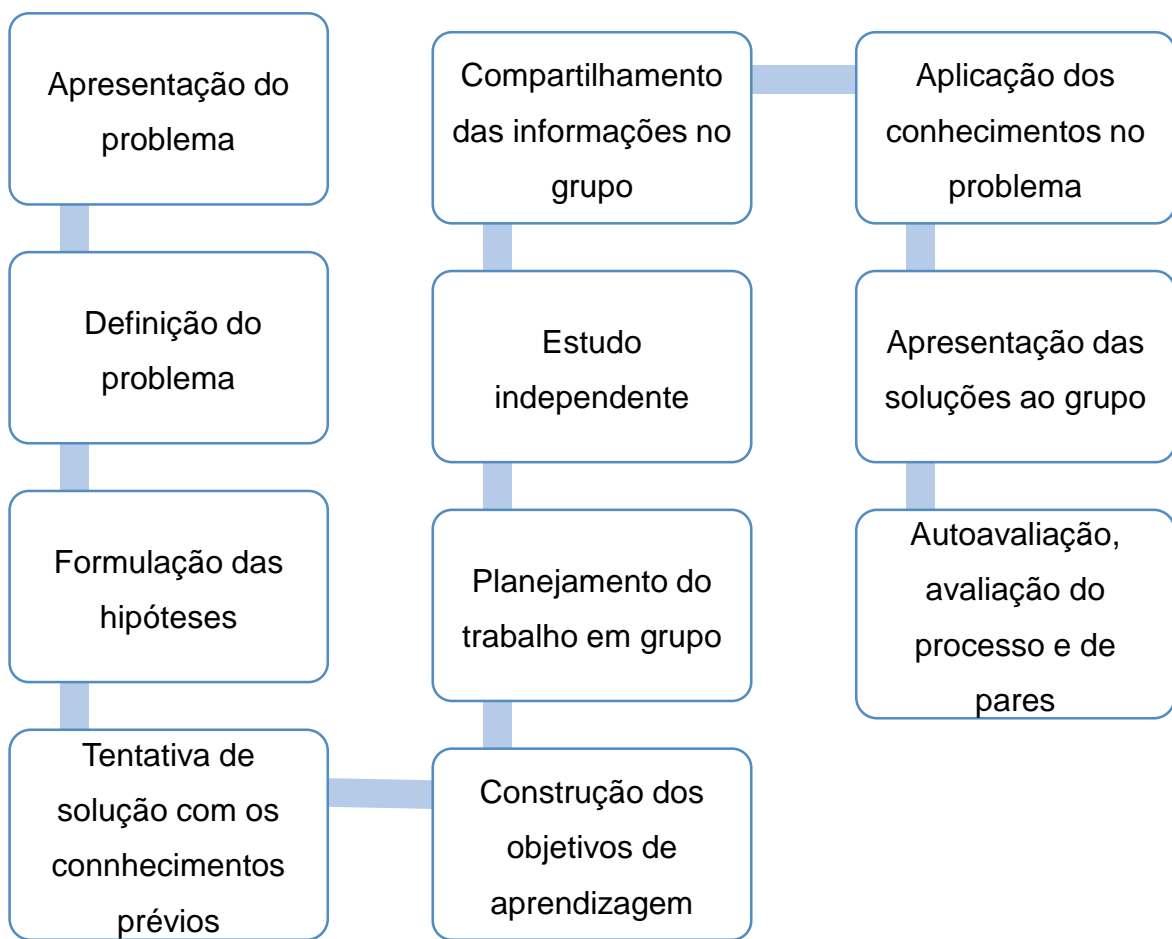
Diante desse contexto, partimos da premissa de que propor intervenções pedagógicas em momentos estratégicos de uma disciplina do curso superior de química, utilizando a PBL como norteadora de discussões pode contribuir para a promoção do engajamento estudantil nas atividades propostas. Assim, com o intuito de colaborar com a produção de conhecimentos acerca dessa temática, no presente trabalho, dedicou-se a investigar a influência da metodologia PBL como estratégia de aprendizagem na promoção do engajamento estudantil na disciplina de eletroquímica no ensino superior, utilizando-se de problemas de química de menor complexidade de modo a avaliar o engajamento na construção dos conceitos e soluções apresentadas.

### **1.1 Fundamentos Teórico-Methodológicos do Método PBL**

Várias teorias de ensino-aprendizagem e modelos didáticos foram construídos ao longo da história da educação, para contribuir no processo educacional de forma eficaz. No início do século XX, surgiu a escola nova (movimento progressista na educação) que desenvolveu práticas de ensino inovadoras as quais tinham o aluno participando ativamente do processo de ensino aprendizagem. Dentre as várias teorias pedagógicas que incorporam concepções construtivistas destaca-se a de Jon Dewey por ser fonte de inspiração para a origem da metodologia baseada em problemas PBL (SOUZA; DOURADO, 2015).

Jon Dewey, observam Mattar e Aguiar (2018), propõe que para estimular o pensamento crítico do aluno, o professor deveria partir de temáticas de natureza não formal que viessem do cotidiano do discente. Assim, a aquisição do conhecimento se inicia por meio da exposição de uma situação problema, passando por um processo investigativo e reflexivo, através de uma sequência de ideias ordenadas, e se encerra com a resolução dos mesmos como descrito nas etapas de sistematização da aprendizagem PBL a seguir:

**Figura 1.** Etapas de sistematização da aprendizagem no método PBL.



Fonte: Autoria própria.

Para Lopes et al. (2019) a aprendizagem baseada em problemas (PBL) é uma metodologia ativa que tem como base os problemas da vida real para motivar e focar a busca de conhecimentos nas diversas áreas do saber. Essa metodologia foi sistematizada na década de 60 na Faculdade de Medicina da Universidade de

McMaster, no Canadá. Em seguida, em 1970 foi introduzida no curso de medicina da Universidade do Novo México, Estados Unidos. Em 1980, no curso de Medicina de Harvard. No Brasil, foram os pioneiros os cursos de Medicina de Marília (1997) e de Londrina (1998).

Como destacam Souza e Dourado (2015), Howard Barrows é apontado como um dos principais articuladores da equipe de docentes formadas por Jim Anderson e John Evans que pensaram e implantaram o currículo PBL em McMaster. As razões que levaram a implantação dessa metodologia PBL foram a necessidade de formar médicos dotados de conhecimentos, competências e habilidades que fossem capazes de resolver os problemas de saúde dos pacientes na futura prática profissional.

A implantação da PBL seja no formato curricular, como foi concebida originalmente, ou mais estruturado pode atingir os seguintes objetivos educacionais: (1) aprendizagem ativa, por meio de perguntas e busca por respostas; (2) aprendizagem integrada, através da colocação de problemas cuja solução requer o conhecimento de várias áreas; (3) aprendizagem cumulativa, por intermédio da aplicação de problemas gradualmente mais complexos; (4) aprendizagem para compreensão, ao invés de retenção de informações; (5) Potencializar atributos essenciais à futura prática profissional dos alunos tais como, pensamento crítico e reflexivo, habilidades de solucionar problemas, trabalho em equipe, capacidade de se adaptar às mudanças e responsabilidades pelas próprias aprendizagens (FERREIRA, 2012).

No método PBL a aprendizagem é focada em torno da investigação, explicação e resolução dos problemas. Assim, os problemas são a parte central do método PBL, aquilo que norteia todo o processo de ensino aprendizagem. Além disso, define o conteúdo que será abordado, a amplitude e o nível de profundidade com que isso será feito no ambiente escolar. Eles devem ter um tamanho ideal, isto é, não devem ser curtos demais a ponto de não despertar o interesse dos alunos em refletir, discutir acerca daquilo que precisa ser investigado, construído e aprendido, tampouco, nem muito complexo que seja capaz de levar os estudantes a uma análise, definição incorreta do problema, bem como, não compreenderem corretamente os conceitos. Os problemas devem ainda possuir uma funcionalidade, isto é, os alunos os compreendem facilmente por meio da leitura escrita, visual ou auditava (BORCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

### 1.1.2 A construção dos problemas

No método PBL o problema representa a base desse método, ou seja, é o meio pelo qual os objetivos de aprendizagens são alcançados. Em outras palavras, é a parte central do método que norteia todo o processo de ensino aprendizagem. Ele é usado para motivar, iniciar a busca de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais de uma determinada área do conhecimento (SOUZA; DOURADO, 2015)

Na concepção de Ribeiro et al. (2018) é relevante porque define o conteúdo que será abordado, a amplitude e o nível de profundidade com que isso será feito no ambiente escolar. Assim, diferentemente do que ocorre no método tradicional de ensino, na PBL ele deve ser de fim aberto, ou seja, não possuir uma única solução. Além disso, preferencialmente, deve compreender uma situação concreta, real, a qual deverá ser encontrada pelos estudantes nas suas futuras práticas profissionais. Um outro aspecto a ser destacado é que deve permitir uma maior abrangência conceitual de várias disciplinas ou áreas do conhecimento, bem como, se adequar aos objetivos do curso, da disciplina e ao nível de compreensão dos alunos. Desse modo, possibilita ao aluno refletir sobre os vários caminhos para se chegar a uma solução mais viável.

Ainda pode ser classificado em três categorias: desafios acadêmicos, cenário e problemas da vida real. O primeiro, provém da estruturação de objetos de conhecimentos de uma determinada área. Assim, esses desafios são usados para favorecer a aprendizagem de determinados temas do currículo. Além disso, se destinam a desenvolver habilidades e atitudes na construção de novos conhecimentos, bem como, trabalhar de forma colaborativa. O segundo, os estudantes desenvolvem papéis condizentes com aqueles assumidos nas suas futuras profissões. O terceiro, são aqueles que requerem soluções reais dadas por entidades ou pelo próprio envolvimento direto dos estudantes (RIBEIRO et al., 2018).

É possível ser apresentado no formato de narrativas textuais retirado ou adaptado de artigos, revistas científicas, livros, pequenos vídeos, reportagens jornalísticas, figuras, diálogos impressos. Assim, com base na revisão de alguns trabalhos que tratam dessa temática, um bom cenário problemático deve atrair o interesse dos estudantes, isto é, ser capaz de mobilizar e estimular os discentes a investigar, pesquisar, aprofundar um determinado tema, bem como, possibilitar a conexão entre os objetos de conhecimentos de uma disciplina com situações reais as quais os alunos poderão se deparar. Deve ser aberto, isto é, possuir uma ou mais

soluções corretas. Além disso, é preciso que haja relação entre os conteúdos programáticos e a aprendizagem. Em outras palavras, os alunos precisam identificar com clareza a correspondência entre os objetivos de aprendizagem propostos na problemática e aqueles estabelecidos na disciplina (SOUZA; DOURADO, 2015).

Deve ter um tamanho ideal. Assim, não deve ser curto demais a ponto de não despertar o interesse dos alunos em refletir, discutir acerca daquilo que precisa ser investigado, construído e aprendido, tampouco, nem muito complexo que seja capaz de levar os estudantes a uma análise, definição incorreta, bem como, não compreenderem corretamente os conceitos. Deve ainda possuir uma funcionalidade, isto é, seja facilmente compreendido pelos alunos por meio da leitura, escrita, visual ou auditava (CARVALHO, 2009).

Dentro desse contexto, de acordo com Azer et al. (2012) algumas características devem ser levadas em consideração na hora de construir os problemas para implementação do método PBL, como descritas na tabela a seguir.

**Tabela 1:** Características essenciais para a construção dos problemas PBL.

- 
- Devem apresentar uma leitura fácil e está apropriado ao nível de conhecimentos dos estudantes.
  - Serem relevantes de tal forma que possam situar a aprendizagem em contexto reais, isto é, conter situações as quais serão vivenciadas pelos estudantes nas suas futuras práticas profissionais.
  - Proporcionarem aos alunos a formulação de hipóteses e a pensarem em estratégia para buscarem evidências as quais possam confirmá-las ou refutá-las.
  - Promover a integração entre diversas áreas do conhecimento.
  - Devem estimular as discussões entre os integrantes da equipe de trabalho direcionando-os a um aprendizado eficaz.
  - Devem conter disparadores, os quais irão ativar os conhecimentos prévios dos estudantes.
  - Não devem ser muito simples, tampouco, complexos demais.
- 

Fonte: Autoria própria.

Para Azer et al.(2012) o método PBL terá êxito se os casos forem de alta qualidade. Assim, algumas diretrizes gerais devem ser levadas em consideração ao construí-los: (1) é necessário estabelecer uma equipe de redação dos problemas; (2) identificar os objetivos de aprendizagens presentes no problema; (3) construir um

modelo para os problemas; (4) é necessário que haja integração entre as áreas do conhecimento, serem autênticos e conter um fluxo lógico das informações; (5) é importante ajustar às necessidades de aprendizagens dos estudantes; (6) devem ser iniciados com disparadores envolventes para que despertem o interesses dos estudantes; (7) as imagens devem ser bem projetadas para que possam adicionar as informações relevantes ao problema; (8) assegurar que a abordagem dedutiva seja aplicável; (9) certificar que os objetivos de aprendizagens estejam bem definidos; (10) ao projetá-los é importante que se pense no envolvimento dos estudantes com os mesmos; (11) é relevante a construção de um guia de tutores para cada problema; (12) devem incentivar o feedback dos alunos.

Ao projetá-los Hung et al. (2008) propõe nove passos descritos a seguir: (1) elaborar objetivos de aprendizagem e metas instrucionais; (2) devem conduzir os alunos a uma análise do conteúdo; (3) investigar o contexto do problema; (4) elaborar a versão inicial do problema; (5) Analisar e adequar o problema; (6) analisar a correspondência entre os objetivos do problema e os de aprendizagens; (7) ajustar os problemas com base na fase anterior (8) construir objetos reflexivos; (9) verificar as relações de suporte entre os componentes centrais conteúdo, contexto e conexão e os processuais chamados de pesquisa, raciocínio e reflexão.

### **1.1.3 Papel do professor**

Diferentemente daquele exercido no modelo tradicional de ensino no qual é responsável por transmitir as informações, dono do saber, detentor do conhecimento, como sujeito ativo e os alunos atuando como meros receptores os quais se encarregam em ouvir, anotar e memorizar o conteúdo para a prova, o papel do professor, no método PBL, passa a ser de mediador, facilitador do processo de ensino aprendizagem. Nesse sentido, os alunos atuam ativamente durante o processo educacional, isto é, têm iniciativa de estudar, investigar, pesquisar por conta própria, se envolvem nas discussões, debates, constroem objetivos de aprendizagem, se tornam responsáveis pela própria aprendizagem (RIBEIRO et al., 2018).

Na aprendizagem baseada em problemas, o docente é definido como tutor, isto é, aquele que tem a função de mediar as discussões nos grupos tutoriais. Assim, é responsável por facilitar o processo de aprendizagem dos alunos. Desse modo, o tutor dentre as várias funções desempenhadas, deve construir o plano de ação com os

objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos discentes, deve gerar um ambiente capaz de possibilitar as aprendizagens dos estudantes, criar os mecanismos necessários para que ocorra a cooperação entre os componentes do grupo, guiar as discussões, debates e a participação entre os estudantes, envolver-se no processo de ensino aprendizagem de modo a encorajar os alunos a buscarem e selecionar as informações relevantes que serão usadas na resolução do problema (ALMEIDA; BATISTA, 2013).

De acordo com Mattar e Aguiar (2018) no método PBL o professor tutor realiza intervenções nas etapas de aprendizagem sem fornecer a solução do problema, mas sim criando mecanismos e perguntas as quais possam estimular os alunos a desenvolverem habilidades de comunicação oral, escrita, o raciocínio lógico, adotar postura compatível com aquela que irão exercer na futura prática profissional, bem como habilidade em resolver problemas.

Na concepção de Ribeiro et al., (2018) o tutor deve estimular os integrantes do grupo a participarem das discussões, debates, norteando os alunos no processo de aprendizagem, auxiliar na dinâmica do grupo tutorial até a construção e apresentação do relatório final contendo a solução. Além disso, o tutor deve garantir que o grupo atinja os objetivos de aprendizagem, verificar o nível de compreensão dos alunos acerca da problemática, bem como avaliar o desempenho deles.

#### **1.1.4 Papel do aluno**

No modelo convencional de ensino, os alunos são seres passivos, isto é, desempenham papéis de pouca relevância na construção e aquisição dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais. Assim, no processo de aprendizagem os estudantes se preocupam em memorizar conceitos, fórmulas, regras, teorias e leis os quais serão cobrados em testes e exames pelo o professor. Entretanto, no método PBL os discentes se tornam o centro do processo educacional, isto é, buscam, selecionam e compartilham informações por conta própria, interagem com o professor, com os colegas, definem o que é relevante para o aprendizado deles BORCHOVICIUS; TORTELLA, 2014).

De acordo com Blass e Irala (2020) os alunos se tornam responsáveis pelo o seu próprio aprendizado quando são capazes de realizarem as seguintes tarefas: analisar e definir o problema, formular hipóteses, elaborar as questões de aprendizagem, solucionar o problema com os conhecimentos prévios, analisar e anotar o que não

sabem e o que precisam aprender, discutir entre os colegas do grupo quais as questões de aprendizagem são mais relevantes para pesquisarem, devem planejar as ações que serão desenvolvidas durante as etapas de aprendizagem, delegarem as responsabilidades para o estudo individualizado de cada membro da equipe de trabalho, compartilhar as informações e as fontes pesquisadas com o grupo, devem aplicar os novos conhecimentos na solucionar a problemática proposta, avaliar os conhecimentos adquiridos, a solução mais viável e refletir sobre o processo de aprendizagem.

Ainda de acordo com Blass e Irala (2020) os estudantes estão diretamente envolvidos no seu processo de aprendizagem. Em outras palavras, se tornam protagonistas visto que atuam ativamente na busca de informações, compartilhando os conhecimentos adquiridos, debatendo, expondo suas ideias e opiniões. Exercem o protagonismo quando diante da problemática procuram resolvê-la com seus conhecimentos prévios, geram hipóteses, buscam evidências que possam confirmar ou refutá-las. Além disso, formulam objetivos de aprendizagens, bem como compartilham os conhecimentos adquiridos com a equipe de trabalho.

### **1.1.5 Dinâmica do grupo na sistematização da aprendizagem**

No método PBL os alunos atuam ativamente na construção e aquisição de novos conhecimentos. Assim, os discentes desenvolvem as atividades PBL em pequenos grupos os quais utilizam um problema que serve como gatilho para motivar os estudantes na busca dos conhecimentos e construção dos objetivos de aprendizagem. Nesse sentido, os estudantes após a leitura, análise e definição do problema, elaboram as questões de pesquisas mediado pelo professor tutor. Assim, o trabalho em equipe apresenta vários atributos, tais como aquisição, construção e integração entre as diversas áreas do conhecimento, incentiva a participação ativa dos estudantes, promove o pensamento científico, crítico e reflexivo, desenvolve a autonomia dos alunos, bem como habilidades de trabalho em equipe, comunicação e resolução de problemas (PESSOA et al., 2020).

De acordo com Ribeiro et al., (2018) o grupo é composto por oito ou dez alunos sob a coordenação de um professor tutor que tem a função de mediar, facilitar ou orientar a equipe de trabalho. Assim, durante cada etapa de aprendizagem os integrantes desempenham papéis específicos, tais como coordenador e secretário.

Nesse sentido, é importante que para cada início de uma sessão tutorial seja realizado um rodízio das funções de coordenador e secretário entre os demais membros da equipe de trabalho para que todos possam vivenciar a experiência de cada uma das funções descritas anteriormente em algum momento, como mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2:** Funções dos integrantes do grupo tutorial.

<b>Coordenador</b>	<b>Secretário</b>	<b>Demais membros</b>	<b>Professor tutor</b>
Liderar, coordenar o grupo tutorial.	Anotar os pontos relevantes indicados pela equipe de trabalho.	Participar ativamente de todas as etapas do processo PBL.	Estimular os integrantes do grupo a participarem das discussões.
Incentivar a participação dos integrantes da equipe de trabalho.	Ajuda a otimizar as ideias na construção dos relatórios.	Participar das discussões entre os integrantes do grupo.	Dar apoio ao líder na coordenação da dinâmica do grupo tutorial.
Assegurar a dinâmica do processo de aprendizagem no grupo tutorial.	Participa das discussões e debates entre os demais membros do grupo.	Fazer questionamentos.	Assegurar que os participantes do grupo mantenham-se focados.
Controlar o tempo de realização das atividades.	Realiza as anotações das fontes de pesquisa utilizadas pela a equipe de trabalho.	Saber ouvir e respeitar as opiniões dos demais membros.	Verificar a relevância das questões de aprendizagens levantadas pelo o grupo.

---

Participar dos debates e discussões nas seções tutoriais.	Registrar os recursos utilizados pelo grupo tutorial.	Buscar estratégias para alcançar os objetivos de aprendizagem.	Assegurar que os estudantes alcancem os objetivos de aprendizagens.
-----------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

---

Fonte: Adaptado de Wood (2003).

De acordo com Ribeiro et al. (2018) os fundamentos e elementos da aprendizagem baseada em problemas podem ser mais bem compreendidos por meio das etapas de sistematização da aprendizagem desenvolvidas nas sessões dos grupos. Assim, foram desenvolvidos os passos que descrevem as etapas de trabalho. Nesse sentido, inicia-se com a apresentação da problemática, leitura, análise e esclarecimento dos termos desconhecidos (Passo 1), após defini-la, os estudantes mediados pelo o professor tutor formulam hipóteses (Passo 2), os alunos tentam solucioná-la com os seus conhecimentos prévios (Passo 3).

Após o uso dos conhecimentos prévios, não obterem sucesso, os estudantes procuram elaborar as questões de aprendizagem (Passo 4). Nesse sentido, planejam o trabalho do grupo no sentido de indicar quais as questões mais relevantes? O que vai pesquisar? quais as fontes utilizadas para buscar as informações? como será feita a socialização das informações pesquisadas? (Passo 5), de posse do planejamento cada aluno busca os conceitos de forma individualizada (Passo 6), os conhecimentos adquiridos serão compartilhados com os demais membros (Passo 7), após o compartilhamento das informações o grupo avalia e aplica os conhecimentos na resolução do problema (Passo 8).

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Investigar a influência da metodologia PBL como estratégia de aprendizagem na promoção do engajamento estudantil em aulas de química em ambiente virtual.

### **2.2 Específicos**

- Definir os temas, com base nos módulos temáticos da disciplina de eletroquímica, por meio dos quais será feita a introdução da PBL.
- Elaborar os problemas de menor complexidade sobre esses temas, relacionados ao cotidiano dos alunos e a sua atuação profissional.
- Aplicar os problemas elaborados em uma disciplina de eletroquímica no âmbito da UFPI e avaliar o engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos estudantes.
- Avaliar a eficácia e a aceitação da PBL pelos estudantes enquanto estratégia de aprendizagem promotora do engajamento estudantil.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

O estudo relatado nessa dissertação é fruto de uma pesquisa, de natureza qualitativa, do tipo estudo de caso, a qual foi desenvolvida no departamento de química da Universidade Federal do Piauí-UFPI. O presente estudo foi realizado em uma disciplina de eletroquímica, oferecida no curso de química, no primeiro semestre de 2021, a qual contava com 8 (oito) alunos regularmente matriculados. Esse estudo foi desenvolvido completamente de forma remota por meio do ambiente virtual (Google Classroom) para a realização das aulas síncronas e assíncronas, utilizando a plataforma Google Meet. A proposta de intervenção foi desenvolvida em sete momentos como descritos na Tabela 3 e na Figura 2, respectivamente, a seguir:

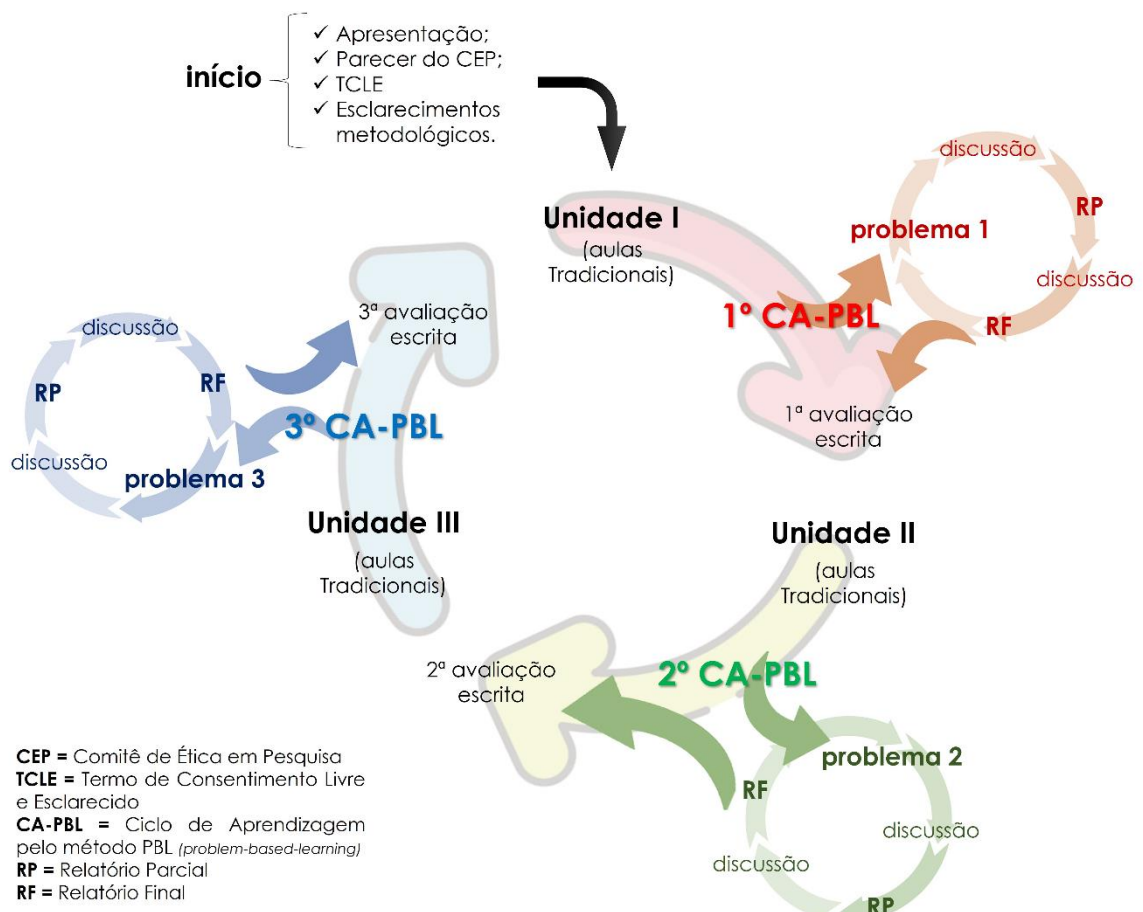
**Tabela 3:** Percurso metodológico.

<b>Momentos</b>	<b>Atividades desenvolvidas</b>
Primeiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do planejamento da disciplina aos alunos.</li> </ul>
Segundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação do parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí.</li> <li>• Apresentação, leitura, esclarecimento e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).</li> </ul>
Terceiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição dos problemas empregados na proposta de intervenção.</li> </ul>
Quarto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primeiro ciclo de aprendizagem (investigar as causas de vazamento nas pilhas). Tempo de duração três aulas. O intervalo de tempo entre o primeiro e o segundo foram seis aulas.</li> </ul>
Quinto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segundo ciclo de aprendizagem (investigar as causas da degradação das baterias de chumbo-ácido). Tempo de duração três aulas. O intervalo de tempo entre o segundo e o terceiro foram de cinco aulas.</li> </ul>

Sexto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terceiro ciclo de aprendizagem (investigar as causas de corrosão nos bebedouros metálicos). Tempo de duração três aulas.</li> </ul>
Sétimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação de um questionário final: a percepção dos estudantes quanto ao processo de implementação da PBL na disciplina de eletroquímica, quanto a sua aceitação como metodologia e como instrumento de revisão de conteúdo.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria.

**Figura 2.** Ciclo de aprendizagem (Proposta de intervenção).



Fonte: Autoria própria.

No primeiro momento da abordagem metodológica desta pesquisa, foi realizada a apresentação do planejamento da disciplina indicando os objetivos geral, específicos, unidades ou blocos temáticos com seus respectivos objetos de conhecimentos, cronograma de aulas, carga horária e todas as atividades desenvolvidas ao longo do período. Em seguida, no segundo momento, foi apresentado aos discentes o parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí autorizando a realização da presente pesquisa, cadastrada na Plataforma Brasil. Logo depois, solicitou-se a colaboração dos alunos mediante a assinatura de um documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que visava assegurar todos os direitos deles como participante da pesquisa.

No terceiro momento, o professor pesquisador desenvolveu os três problemas a serem empregados. No quarto momento, após a finalização das aulas referentes à unidade I, dividiu os alunos em três grupo A, B e C e em seguida, iniciou-se o primeiro ciclo de aprendizagem (1º CA-PBL) com a entrega e leitura de um problema, juntamente com os modelos de relatórios de progressão parcial e final comuns aos três grupos. A problemática foi intitulada *“por que as pilhas voltaicas vazam?”* (APÊNDICE A). O ciclo era composto das seguintes etapas: apresentação do problema aos alunos, discussão entre eles, construção e apresentação do relatório parcial (RP), construção e apresentação do relatório final (RF). Após a finalização desse ciclo foi realizada a avaliação escrita referente à temática abordada na primeira problemática.

O ciclo citado anteriormente, foi repetido nos quinto e sexto momentos com as demais problemáticas intituladas: *“por que as baterias de chumbo ácido degradam?”* (APÊNDICE B) *“por que os bebedouros metálicos corroem?”* (APÊNDICE C), no final das aulas referentes às unidades II e III, respectivamente, como descrito acima na Figura 2, utilizando-se a carga horária dedicada às atividades de revisão dos objetos de conhecimentos.

Como já mencionado brevemente, o primeiro problema fazia referência ao vazamento nas células voltaicas o qual apresentava como objetivo investigar as possíveis causas que levam as pilhas a interromperem seu funcionamento mesmo antes de se esgotar completamente a carga e ao possível vazamento. O segundo, era relacionado a degradação das baterias de chumbo-ácido com o objetivo de investigar

as possíveis causas que levam à redução da vida útil e do desempenho das baterias chumbo ácido. O terceiro e último, se referia aos fenômenos de corrosão que surgiam nos bebedouros metálicos da própria instituição de ensino, o qual tinha como objetivo: investigar as possíveis causas da corrosão na superfície metálica dos bebedouros em ambientes úmidos. Em cada um deles os discentes deveriam propor um plano de ação para prevenir, mitigar e remediá-los.

Em cada ciclo de aprendizagem, após o recebimento das instruções pelo professor tutor, os alunos discutiram a problemática, em seguida, transcreveram as informações discutidas entre eles para o relatório parcial, o qual foi dividido em duas partes: a primeira fazia referência às formulações de hipóteses, fatos ou evidências, enquanto que a segunda se referia às questões de aprendizagem essenciais a resolução do problema e as estratégias de pesquisa individual e coletiva, conforme modelo apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4:** Relatório de progressão parcial para avaliar os aspectos que caracterizam os indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo.

---

#### RELATÓRIO PARCIAL

Defina o problema:

---

Com relação ao problema		Com relação ao grupo	
Hipóteses	Fatos	Questões de pesquisa	Estratégia de pesquisa.
Levante as possíveis causas do problema.	Procure, no problema, evidências para suas hipóteses.	Registre conceitos químicos relevantes para dar solução ao problema.	Planeje como o grupo irá buscar os conceitos (quem, como, o que, quando).

---

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, após a apresentação, discussão e entrega do relatório parcial, os alunos foram orientados a construir o relatório final, de acordo com o modelo da Tabela 5, contendo as prováveis soluções para a problemática. Posteriormente, cada grupo apresentou, discutiu e entregou a versão final do relatório.

**Tabela 5:** Relatório de progressão final para avaliar os aspectos que caracterizam os indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo.

---

### RELATÓRIO FINAL

Defina o problema:

---

<b>Com relação ao problema</b>	<b>Com relação ao grupo</b>
<b>Questões de Estratégia de pesquisa (individual e coletiva)</b>	<b>de Possíveis soluções para o problema e Implicações éticas para cada</b>

---

Fonte: Autoria própria.

Ao término das apresentações dos relatórios de progressão final em cada ciclo (primeiro, segundo e terceiro), os alunos foram submetidos a uma avaliação escrita (elaborada pelo docente titular da disciplina). O professor pesquisador utilizou os dados dessas três avaliações para avaliar o desempenho acadêmico dos alunos. No sétimo e último momento da intervenção, realizou-se a aplicação de um questionário para avaliar a percepção dos estudantes quanto ao processo de implementação da PBL na disciplina de eletroquímica, quanto a sua aceitação como metodologia e como instrumento de revisão dos objetos de conhecimentos.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO-METOLÓGICO PARA A ANÁLISE DOS DADOS**

### **4.1 Engajamento Estudantil**

A maioria dos profissionais de ensino entendem que o engajamento é fundamental para o aprendizado eficaz, contudo o conceito de engajamento ainda é pouco compreendido ou mal interpretado (Dettmers, 2011). De acordo com Fredricks et al. (2016), o conceito de engajamento é conhecido como a medida que reflete a qualidade e quantidade de participação dos discentes nas atividades que lhes são propostas. Na concepção de Silva e Ribeiro (2020) engajamento diz respeito às experiências vividas e comportamentos dos discentes ao longo de todo o período que está cursando o ensino superior. Em outras palavras, o engajamento do estudante é caracterizado como o tempo dedicado ao seu aprendizado (ASPEÉ et al., 2018).

Para Fredricks et al. (2016) podem ser distinguidos na literatura três tipologias ou níveis de engajamento: comportamental, emocional e cognitivo. O primeiro, está relacionado ao envolvimento e participação dos discentes em atividades curriculares e extracurriculares, por exemplo, fazer e responder perguntas, interagir com os colegas, prestar atenção. O segundo, envolve as reações afetivas e emocionais dos alunos diante das atividades de aprendizagem, por exemplo, preocupação com o aprendizado, interesse, entusiasmo com o que estão fazendo, motivação, desafiados com coisas novas, disposto a participar do processo de aprendizagem. O terceiro e último, envolve o investimento psicológico em aprender, compreender um determinado conteúdo, por exemplo, ser curioso, criativo, usar estratégias que levem a um aprendizado profundo do aprendiz.

Na maioria dos casos, imagina-se que o engajamento no contexto de sala de aula se restringe ao discente fazendo e respondendo perguntas, no entanto, o conceito de engajamento é muito mais complexo. Assim, de acordo com Fredricks et al. (2016) ainda que as três definições encontradas na literatura ofereçam características fundamentais a cada uma das suas dimensões, é essencial considerar o caráter multidimensional do engajamento possibilitando uma análise mais completa, visto que as suas dimensões não são processos isolados e sim inter-relacionados de forma dinâmica (FARIA; VAZ, 2019).

O caráter multidimensional do engajamento possibilita descrever e analisar de maneira diferenciada como os discentes se envolvem, de forma individual ou coletiva, na resolução de atividades investigativas como os problemas, por exemplo. Assim, a

utilização desse tipo de atividade pode ser promissora na promoção do engajamento comportamental, emocional e cognitivo por serem autênticas, isto é, são percebidas pelos alunos como interessantes, importantes e desafiadoras. Em outras palavras, são significativas, requerem esforço para sua realização, conferem aos discentes maior reponsabilidade e compromisso em sua execução e demandam colaboração (BOND, 2020).

Para que os discentes percebam os problemas como interessantes, importantes, desafiadores como promotores do engajamento nas suas três dimensões, devem ter como características fundamentais um tamanho ideal, ou seja, não podem ser curtos demais a ponto de não despertar o interesse dos alunos em refletir, discutir acerca daquilo que precisa ser investigado, construído e aprendido, tampouco, nem muito complexo que seja capaz de levar os estudantes a uma análise, definição incorreta do mesmo, bem como, não compreenderem corretamente os conceitos. Em outras palavras, quanto mais autêntico, melhor é a qualidade do investimento cognitivo do aluno em participar significativamente na busca de uma solução mais viável, conseqüentemente, mais profundo será seu aprendizado (SILVA; RIBEIRO, 2020).

A problemática com as características citadas anteriormente, tem os ingredientes essenciais que levam os discentes a se esforçarem do ponto de vista comportamental, emocional, cognitivo e colaborarem com os demais membros do grupo no processo de busca de uma solução mais viável. Aquela de boa qualidade ativa os conhecimentos prévios, intensifica a compreensão e permite que os discentes apliquem seus conhecimentos às novas situações de aprendizagens (DETTMERS, 2011).

Para Ribeiro et al., (2016), as vantagens de se aplicar problemas como proposta de ensino é a capacidade de possibilitar ao estudante uma aprendizagem mais dinâmica e prazerosa. Além disso, a exposição dos alunos às situações problemas reais, favorece a integração e aprofundamento entre os conteúdos das diversas áreas do conhecimento, o desenvolvimento de várias habilidades essenciais para que os estudantes possam tomar decisões de forma segura e conscientes nas diversas áreas das suas vidas. Em outras palavras, a percepção por parte deles da importância desse tipo de atividade para seu aprendizado é o combustível necessário para potencializar o nível de engajamento na resolução das mesmas.

Vários estudos apontam os indicadores ou variáveis de engajamento com o objetivo de analisar se ocorreu alguma alteração no contexto de sua intervenção (BOND, 2020; DETTMERS, 201; FREDRICKS et al.,2016; SEIXAS et al.,2015). Assim, é possível reconhecer o engajamento dos estudantes por meio de alguns indicadores como descritos na Tabela 6, a seguir:

**Tabela 6:** Indicadores de engajamento identificados na literatura.

<b>Indicadores</b>	<b>Descrição dos indicadores</b>
<b>Autonomia</b>	Por esse indicador entende-se a capacidade que o aluno tem de estudar, compreender os conceitos por conta própria sem a intervenção contínua do professor
<b>Execução</b>	Corresponde a realização das tarefas propostas pelo professor
<b>Social</b>	Identificado quando o aluno se relaciona muito bem com os colegas de sala de aula
<b>Entrega</b>	Entende-se que o aluno não adianta só executar a atividade é preciso cumprir o prazo de entrega estabelecido pelo professor
<b>Participação</b>	O aluno contribui na aula de forma individual ou coletivamente nas discussões em grupo seja perguntando ou ensinando o conteúdo aos colegas
<b>Colaboração</b>	Identificado quando o estudante tem a atitude de ajudar os demais colegas, ainda que a resolução da atividade não seja em grupo
<b>Cooperação</b>	Durante a resolução da atividade proposta em grupo, o estudante direciona os esforços para atingir os objetivos comum do trabalho em equipe
<b>Questionamentos</b>	O estudante não se sente intimidado em questionar o professor sobre o conteúdo ministrado, procurando aprofundar o seu conhecimento em determinada área do tema abordado

<b>Organização do ambiente</b>	O estudante tem a preocupação manter o ambiente de aprendizagem limpo e organizado
<b>Diversão</b>	O estudante realiza as atividades propostas não por obrigação ou medo de punição, mas sim por gosto, por serem prazerosas e divertidas

---

Fonte: Adaptado de Seixas et al.(2015).

Por fim, o entendimento do conceito de engajamento nos permite compreender as relações que os alunos estabelecem com a resolução das atividades, seja do ponto de vista comportamental, emocional, cognitivo, bem como a sua relação estreita com o rendimento escolar, o desenvolvimento social e cognitivo do aluno. Dentro desse contexto, os relatórios de progressão parcial e final, gravações das aulas em áudio e vídeo foram utilizados para observar, identificar e avaliar aspectos que caracterizam indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos estudantes como descritos na Tabela 7, a seguir:

**Tabela 7:** Aspectos que caracterizam indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo.

<b>Engajamento comportamental</b>	<b>Engajamento emocional</b>	<b>Engajamento cognitivo</b>
Demonstra interesse.	Seguro.	Demonstra capacidade de análise e síntese.
Pergunta/ouve.	Confiante.	Busca por conta própria as informações e procura compreendê-las.
Interage com o professor	Acha o tema estudado relevante.	Reflete sobre o que está aprendendo.
Explica o que aprendeu.	Felicidade.	Demonstra curiosidade.
Compartilha ideias com os colegas.	Entusiasmado.	É criativo.
Realiza atividades.	Motivado.	Realiza conexões com o que é pesquisado.

---

Fonte: Autoria própria.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos dados oriundos da proposta de intervenção pedagógica realizada na disciplina de eletroquímica foi fundamentada com base nos preceitos da metodologia baseada em problemas (PBL) empregada. Para tanto, resolveu-se dividir a análise dos resultados da seguinte forma: (i) aplicação da proposta de intervenção com o primeiro, segundo e terceiro ciclo de aprendizagem, (ii) avaliação escrita no final de cada unidade (na presente pesquisa, o pesquisador utilizou os dados da avaliação escrita elaborada pelo professor da disciplina) e (iii) aplicação de um questionário sobre: a percepção dos estudantes quanto ao processo de implementação da PBL na disciplina de eletroquímica, quanto a sua aceitação como metodologia e como instrumento de revisão dos objetos de conhecimentos. Com o intuito de avaliar o engajamento dos alunos na atividade proposta, os dados foram analisados tendo como parâmetros os estudos sobre engajamento propostos por (ASPEÉ et al., 2018; DETTMERS, 2011; ESPINOSA, 2021; SILVA; RIBEIRO, 2020; FREDRICKS et al., 2016; FARIA; VAZ, 2019).

### **5.1 Primeiro ciclo de aprendizagem (1º CA-PBL)**

O 1º CA-PBL foi considerado o piloto da intervenção proposta, com maior liberdade para o professor tutor e o pesquisador intervir, conduzir discussões e explicações em relação à atividade proposta. Para apresentação dos resultados na presente pesquisa analisou-se os relatórios de progressão (parcial e final) construídos pelos grupos (A, B e C) referentes ao problema 1. Os grupos foram orientados a investigar as possíveis causas que levaram as pilhas a interromperem seu funcionamento mesmo antes de se esgotar completamente a carga e ao possível vazamento (temática do problema 1). Ao final, os grupos deveriam propor um plano de ação para prevenir, mitigar e remediar esses problemas.

#### **5.1.1 Análise dos relatórios parciais do 1º CA-PBL**

A partir dos relatórios parciais (APÊNDICES F, G, H) apresentados em sala de aula virtual verificou-se que os alunos dos grupos A, B e C apresentaram dificuldades na construção dos tópicos que compunham o relatório parcial, tais como: formulação das hipóteses, dos fatos ou evidências, das questões de aprendizagem e das estratégias de pesquisa. Os discentes apresentaram argumentos superficiais, tanto

em relação ao problema (*hipóteses e fatos*), como em relação ao grupo (*questões ou objetivos de aprendizagem e estratégias de pesquisa*). Esses fatos podem ser observados nos recortes das falas e do material escrito pelos alunos, como descrito a seguir:

Recorte das falas (aulas gravadas):

Aluno A<sub>1</sub>-A temperatura pode influenciar no potencial e no vazamento da pilha.

Aluno B<sub>1</sub>. O zinco é responsável pela liberação de gás.

Aluno C<sub>1</sub>. A exposição ao calor ou ao frio excessivo pode provocar reações nas pilhas.

Recorte do material escrito (relatório parcial):

“Hipótese: misturar pilhas velhas com pilhas novas; fatos: pilhas usadas não têm mais a tensão correta (Grupo A)”

“Hipótese: uso inadequado das pilhas; fatos: ao fazer o uso incorreto das pilhas pode gerar reações (Grupo B)”

“Hipótese: movimentos bruscos podem romper o invólucro das pilhas; fatos: os movimentos bruscos pode gerar reações internas e liberar substâncias (Grupo C)”

Na análise dos relatórios e das apresentações dos mesmos pelos grupos A, B e C, observou-se indícios de desengajamento comportamental caracterizado pela falta de envolvimento dos membros de cada grupo com a atividade proposta, falta de interação com os colegas do grupo e com o professor. Os alunos não perguntavam, não entregaram a atividade no prazo, não organizaram a apresentação em slides como acordado previamente com o professor. Além disso, na hora das apresentações os alunos fechavam a câmera impossibilitando uma avaliação precisa pelo docente, levando a crer que estavam só lendo o texto.

Verificou-se ainda indícios de desengajamento emocional quando os integrantes dos grupos se mostraram ansiosos, nervosos, preocupados em não conseguir finalizar a tarefa. Já o desengajamento cognitivo ficou caracterizado pela falta de conexão entre as partes do relatório parcial, baixo esforço na resolução da atividade, não souberam usar as estratégias de pesquisa corretamente. Essas são características de desengajamento já observadas em outros trabalhos envolvendo atividades de ensino remotas. Esse desengajamento inicial pode estar relacionado a vários fatores como: mudança repentina do ambiente de aprendizagem presencial para o remoto, dificuldade de conteúdo, de acesso à internet, domínio dos recursos tecnológicos, problemas emocionais, e adaptabilidade à nova metodologia (ESPINOSA, 2021; FREDRICKS et al., 2016).

Com base na postura adotada pelos alunos nesse primeiro momento, o professor foi orientado a intervir com mais frequência nas discussões com a turma para que a participação e o engajamento dos discentes na confecção e apresentação do relatório final fosse melhorada. Vários questionamentos foram realizados pelo docente durante essa etapa, como descritos a seguir:

Professor tutor:

Quais são essas reações paralelas?

Quais os gases liberados nessas reações? E como eles contribuem para o vazamento das pilhas?

Vocês precisam saber o que acontece internamente nas pilhas, pois só assim irão saber como remediar o problema.

Pessoal, vocês devem indicar nas questões de pesquisa aquilo que precisam pesquisar para responder ao problema.

Pessoal, quanto as estratégias de pesquisa é importante que vocês saibam como, onde e quem vai buscar as informações.

Ao construir o relatório final, não se atenham a conceitos vagos na internet, busquem aprofundar os conceitos químicos e de eletroquímica por meio de livros, artigos, revistas para fundamentar a resolução do problema.

### 5.1.2 Análise dos relatórios finais do 1º CA-PBL

A intervenção realizada pelo professor, no relatório parcial, visou sanar as dúvidas e aprofundar o engajamento dos discentes na construção e apresentação do relatório final (APÊNDICES I, J, K). Contudo, observou-se que os integrantes dos grupos A e B, ainda apresentavam indícios de desengajamento comportamental quando no dia da apresentação não tinham devolvido o relatório parcial na sala virtual, tampouco finalizaram o relatório final, nem organizaram a apresentação em slides. Por ser uma etapa piloto, este era um comportamento esperado, e que indica a importância de se apresentar a proposta metodológica antes da intervenção. Observou-se, também, desengajamento cognitivo desses grupos quando apresentaram as soluções para o problema com conceitos químicos e eletroquímicos superficiais.

“[...] muitas alternativas técnicas foram encontradas e descritas para reduzir o desprendimento de gás. Uma delas é a utilização de ligas de zinco na fabricação do pó deste metal as quais suprimem o desprendimento do gás hidrogênio. Nesse sentido, por muito tempo, no passado, foi usado o elemento mercúrio para esta finalidade com resultados excelentes. No entanto, devido as várias preocupações ambientais houve a necessidade de

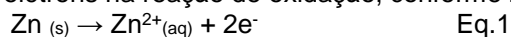
substituí-lo por outros elementos químicos, tais como o índio e o bismuto[...]” (Grupo A).

“[...] as células eletroquímicas primárias, por exemplo, as pilhas ácidas de leclanché, tendem a vazarem o seu eletrólito liberando as substâncias tóxicas poluindo o meio ambiente. Elas são formadas por zinco(anodo), uma pasta úmida. A estrutura do invólucro de zinco foi melhorada através de adição de elementos de liga que facilitam seu encaixe. Como também a aplicação do mercúrio para aumentar a tensão de desprendimento do hidrogênio no eletrodo de zinco foi amplamente eliminado de forma gradativa por razões ambientais. A capa de papelão é agora substituída por um invólucro de aço revestido com polímero e um rótulo de filme de poliéster. Esta carcaça exterior de aço é isolada da lata de zinco. A tampa isoladora da pilha é feita de um polímero duro melhor do que de papelão [...]” (Grupo B).

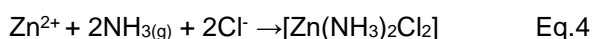
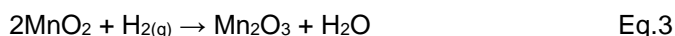
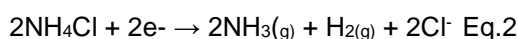
Já o grupo C apresentou sinais de melhoria no engajamento comportamental em relação ao relatório parcial, caracterizado inicialmente pela entrega do relatório no prazo estabelecido. Além disso, conseguiram organizar a apresentação em slides de modo que ficasse mais clara as informações encontradas. Observou-se também que o grupo apresentou indícios de engajamento cognitivo ao demonstrarem esforço psicológico na construção do relatório final, como descrito a seguir:

**“[...] Descreva as possíveis soluções para os problemas**

De acordo com Bocchi (2000) a Pilha de Leclanché ou Pilha seca é formada por um envoltório de zinco separado das demais espécies químicas que compõem a pilha por meio de um papel poroso. Esse zinco corresponde ao polo negativo dessa célula eletroquímica, ou ânodo, o qual perde dois elétrons na reação de oxidação, conforme mostra a Equação 1.



No centro da pilha se encontra um bastão de grafite, que é um condutor elétrico, composto por carbonos  $sp^2$ , ou seja, apresenta elétron livre que o confere a característica de ser um bom condutor. Em volta do bastão de grafite se encontra uma pasta eletrolítica, a qual inicialmente era líquida, essa pasta contém o cátodo, onde ocorre a reação de redução, e é composto pelo cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ), carvão em pó (SILVA,2011; BOCCHI, 2000). Inicialmente, os elétrons doados pelo zinco são recebidos pelo  $\text{NH}_4\text{Cl}$  produzindo dois gases: Hidrogênio e Amônia (Eq.2). O gás hidrogênio irá reagir com  $\text{MnO}_2$  em uma segunda reação de redox e produzirá trióxido de manganês e água (Eq.3). O gás amônia será neutralizado reagindo com o íon zinco, produzido na Eq.1, formando um complexo (Eq. 4) (LINDEN, 1995).



Assim a reação global será dada pela Equação 5.



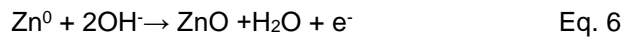
Eq. 5

No entanto, com o passar do tempo o zinco que compõem o anodo irá perder parte de sua massa sólida e permitir que parte dos compostos presentes

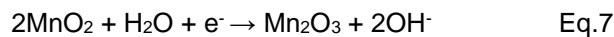
dentro da pilha saiam para o ambiente externo, e este é o primeiro problema proposto.

**Ocorre corrosão do ânodo conforme as reações de transferências de elétrons acontecem**

Para resolver este problema, inicialmente chega-se à conclusão que é necessário adicionar outros metais ao zinco para que ele possa durar mais tempo, tais como mercúrio, gálio, índio, chumbo, estanho e bismuto. Contudo, ao diminuir sua pureza, diminui também a uniformidade de partículas, aumenta a resistência interna e gera uma baixa densidade de energia. Uma outra solução a que se chegou foi a de adicionar grafite em pó junto ao  $MnO_2$  já que ele iria depositar na placa de zinco conforme ocorre as reações de oxirredução. Além disso, chegou-se a ideia de substituir o cloreto de amônia por um outro composto básico, no caso o hidróxido de potássio (KOH), que é a substância utilizada nas pilhas alcalinas. A solução de KOH, reage com o zinco produzindo óxido de zinco (ZnO), água e um elétron (Eq. 6) (LINDEN, 1995).



Assim, esse elétron gerado no anodo da pilha alcalina, será consumido pelo  $MnO_2$  para produzir mais hidroxilas e trióxido de manganês, conforme pode ser visto na Equação 7.



O óxido de zinco produzido tem dois caminhos, inicialmente ele retarda a corrosão do ânodo, já que a todo momento que antes estava sendo perdido, agora está sendo dissolvido e depositado novamente no anodo. No entanto, com o passar do tempo em que ocorre essa reação irá haver um excesso de óxido de zinco sendo produzido até o ponto em que ele sairá de dentro da pilha (LINDEN, 1995).

**Entender como a medida que a pilha vai fornecendo sua energia a substância do eletrólito vai se desgastando e para onde vai a amônia (NH<sub>3</sub>) e o hidrogênio antes de vazarem na pilha seca.**

Como explicado anteriormente, o gás hidrogênio e amônia produzidos são neutralizados com  $MnO_2$  e  $Zn^{2+}$ , respectivamente. Contudo, conforme a reação prossegue parte do dióxido de manganês é totalmente consumido deixando o hidrogênio livre o que leva a aumentar a pressão dentro da pilha até que parte desse gás começa a ser liberado reagindo com o meio. Assim, num primeiro olhar seria plausível dizer que aumentar a concentração de  $MnO_2$  seria a solução, no entanto, isso levaria a uma ocupação maior do catodo além de que o dióxido de manganês tem uma baixa condutividade elétrica, o que leva a necessidade da adição do carbono em pó. Assim, a solução para este problema foi encontrada nas pilhas alcalinas, ao substituir o eletrólito por KOH, já que nas reações não iria mais produzir esses gases (LINDEN, 1995).

**Tentar carregar a pilha (não recarregável) com polos invertidos.**

Em uma célula eletroquímica primária, as reações de oxidação e redução que acontecem são irreversíveis, assim, não podem ser recarregadas, já que irá forçar o polo positivo a doar elétrons, levando a um aumento da velocidade da reação de redução do zinco e conseqüentemente um aumento da produção de hidrogênio e consumo do ânodo. Tendo em vista o problema proposto e o que acontece chega-se a uma simples solução de apenas não tentar recarregar uma pilha seca ou inverter os polos no aparelho em que foi colocada (SILVA, 2011) [...]" (Grupo C).

Na análise das apresentações dos relatórios, observou-se que os componentes dos grupos A, B e C deixaram a responsabilidade sobre o porta-voz,

não colaborando com o colega nas respostas aos questionamentos realizados pelo professor. Faltou cooperação de cada membro das equipes e internalizar de fato o que é o trabalho em grupo. Isso ficou confirmado quando um dos grupos afirmaram que não tinha condições de apresentar o relatório final porque o colega que ficou responsável por organizar e apresentar o que eles tinham discutido, havia faltado. Desse modo, verificou-se neste primeiro ciclo de aprendizagem que os elementos que caracterizam indícios de desengajamento comportamental, emocional e cognitivo identificados no presente trabalho estão de acordo com aqueles citados na literatura como, por exemplo, em um estudo realizado por Fredricks et al. (2016) que avaliaram os resultados das entrevistas de alunos e professores sobre como eles conceituavam o envolvimento e desengajamento em matemática e ciências.

## **5.2 Segundo ciclo de aprendizagem (2º CA-PBL)**

O 2º CA-PBL seguiu o mesmo percurso metodológico do 1º CA-PBL, a fim de observar se a falta de engajamento inicial seria pelo desconhecimento em relação a metodologia apresentada, ou devido a outros fatores. Nesse segundo ciclo de aprendizagem, analisou-se os resultados dos relatórios parcial e final dos grupos A, B e C, novamente, mas dessa vez referente ao problema 2. Os discentes investigaram as causas da degradação das baterias de chumbo ácido que levam ao surgimento de falhas precoces, reduzindo a vida útil e o desempenho dessas baterias. Além disso, propor um plano de ação indicando os meios de como prevenir e remediar esses problemas.

### **5.2.1 Análise dos relatórios parciais 2º CA-PBL**

Analisando os relatórios parciais (APÊNDICES L, M, N), foi possível notar que nesse segundo ciclo de aprendizagem os alunos já estavam mais familiarizados e engajados na construção e apresentação dos relatórios de progressão. Os indícios de engajamento comportamental dos componentes dos grupos A, B e C foram observados quando eles executaram e entregaram a atividade no prazo, fizeram e responderam perguntas, discutiram e interagiram com os colegas, e prestaram atenção nas atividades. A constatação do engajamento cognitivo ocorreu quando se mostraram curiosos, criativos ou usaram estratégias de pesquisa para explicar o processo da degradação das baterias, como descritos nos relatórios parciais (FARIA; RIBEIRO, 2022).

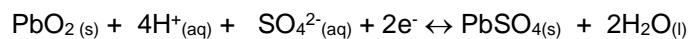
“[...] **Possíveis hipóteses**

Reações paralelas que acontecem na hora da carga; sulfatação irreversível; consumo de água durante o processo de carga; reações paralelas que podem ocasionar a corrosão das placas positivas da bateria; expansão da placa positiva (estresse mecânico).

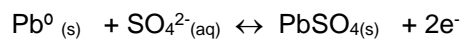
**Fatos**

No processo de descarga das baterias chumbo-ácido ocorrem reações reversíveis com a produção de sulfato de chumbo nas placas positivas e negativas. Segundo a Teoria da dupla sulfatação, o produto das semi-reações ocorridas nos eletrodos é o mesmo, isto é, as duas semi-reações geram o sulfato de chumbo, como descritas a seguir.

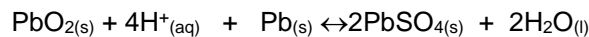
Semi-reação catódica:



Semi-reação anódica:



Reação Global:



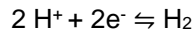
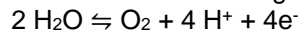
Algumas reações indesejáveis podem ocorrer em paralelo durante o processo de carga (sentido inverso das equações (1) a (3), como por exemplo, a eletrolise da água que resulta na evolução dos gases oxigênio e hidrogênio nas placas [...]” (Grupo A).

“[...] **Possíveis hipóteses**

As baterias reguladas por válvulas (VRLA) podem perder água se a corrente de carga ou tensão são maiores que o recomendado e não há como repor água. As baterias VRLA geralmente tem máxima descarga menor que baterias tradicionais.

**Fatos**

Nas baterias VRLA ocorrem paralelamente algumas reações indesejáveis, como a eletrólise da água:



Que provoca uma evolução de oxigênio e hidrogênio na superfície das placas positivas e negativas respectivamente. A bateria VRLA é muito sensível a variações de voltagem de carga e por isso a tensão de carregamento deve coincidir com a temperatura da bateria [...]” (Grupo B).

“[...] **Possíveis hipóteses**

Aumento de temperatura; formação de gases; sofrer pancadas; deixar muito tempo sem uso; descarga profunda; vibrações nas baterias; sujeira (contaminantes); limite de corrente não respeitado; sobrecarga; correntes de carga elevadas; o número de ciclos de carga e descarga a corrosão nos terminais da bateria.

**Fatos**

O aumento de temperatura acelera o processo de descarga das baterias. Assim, essas células eletroquímicas são projetadas para operar em ambientes

com temperaturas de 25°C; quando a bateria é recarregada, ocorre a reação de eletrólise da água, gerando oxigênio gasoso na superfície da placa positiva e hidrogênio gasoso na superfície da placa negativa; ao sofrer movimentos bruscos, a bateria pode ter um rompimento do lacre e liberar o eletrólito (ácido sulfúrico) ou levar ao contato entre as placas de chumbo; mesmo sem o uso, as reações de descarga continuam acontecendo; a descarga profunda dificulta o recarregamento da bateria, pois, diminui a recombinação do íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) com o íon  $\text{H}^+$ , não restituindo totalmente o ácido sulfúrico. Além de demandar mais tempo e uma corrente contínua para o carregamento. Outro problema que a descarga profunda pode ocasionar é a sulfatação das placas – placas duras; balançar a bateria faz com que toda pasta de chumbo (Pb) saia da grade e se misture com o ácido sulfúrico, gerando um curto circuito. Pode causar também a perda do material ativo que consiste no desprendimento da massa ativa da grade em forma de dióxido e sulfato de chumbo sob forma de finos grãos ou cristais. Essa perda prematura deste material inutiliza a bateria completamente; a sujeira pode gerar um curto circuito, corrosão das grades das placas positivas e a contaminação do eletrólito com agentes estranhos, principalmente sais metálicos e substâncias orgânicas, que aumentam consideravelmente a corrosão das placas e separadores; a alta resistência gera calor dentro da bateria. Assim, essa célula eletroquímica com baixa resistência interna pode manter uma alta corrente quando exigida. Já a bateria com alta resistência interna, ao serem exigidas altas correntes de descarga, atinge sua tensão final rapidamente; uma bateria suporta um número limitado de ciclos e quanto maior for a frequência desses ciclos, menor será a vida útil. Muitas vezes é um sinal de perda de eletrólito através de ventilação excessiva, muito provavelmente resultado de uma sobrecarga [...]” (Grupo C).

Na análise das apresentações e registros dos integrantes dos grupos A, B e C, observou-se que eles demonstraram maior familiaridade com a metodologia PBL, por conseguinte, melhora no engajamento na atividade proposta. Isso ficou caracterizado na apresentação dos conceitos bem mais elaborados, como também na organização, síntese das informações e participação dos demais membros de cada equipe em responder aos questionamentos do professor. Em outras palavras, à medida que desenvolviam a autonomia nos estudos independentes, incorporando símbolos, proposições, novos conceitos, os seus conhecimentos prévios foram adquirindo novos significados, ficando mais ricos, elaborados e hierarquicamente organizados facilitando a aprendizagem e retenção das novas informações. A evolução de engajamento dos alunos nessa primeira etapa do 2º CA-PBL demonstrou a importância de uma boa apresentação, simplicidade e clareza da metodologia a ser empregada (realizada no 1º CA-PBL).

### **5.2.2 Análise dos relatórios finais do 2º CA-PBL**

Na análise dos relatórios finais (APÊNDICES O, P, Q), a atuação dos membros do grupo A destacou a manutenção do engajamento do grupo, apresentando indícios

de engajamento comportamental quando entregaram o relatório final no prazo estabelecido, organizaram a apresentação em slides e todos participaram das discussões esgotando tópico a tópico do relatório. O engajamento cognitivo deles ficou caracterizado quando explicaram que uma das possíveis causas da degradação das baterias estava relacionada às reações paralelas.

**“[...] Descreva as possíveis soluções para os problemas**

De acordo com Buzzá (2018) uma das possíveis soluções para o problema da degradação das baterias é não deixá-las descarregadas por um longo período, realizar a recarga completa, pode ser uma medida a ser tomada, pois caso contrário, pode ocorrer a sulfatação incompleta, a qual é um fenômeno onde os íons sulfato, que são derivados do (eletrólito) ácido sulfúrico, na reação de descarga das baterias convencionais, formam cristais nas placas os quais prejudicam o funcionamento dessas células eletroquímicas e ocasionam também, a corrosão dos terminais. Assim, os íons sulfatos no processo de sulfatação formam nos terminais das baterias de chumbo-ácido um pó branco, que prejudicam essas células eletroquímicas, são causados pelo baixo nível de carga, descarga profunda, sobrecargas, adição de excesso de ácido sulfúrico (eletrólito), adição de água no momento importuno, contaminação da água, altas temperaturas, causando aceleração da sulfatação. Desse modo, esse processo inibe a carga das baterias causando falha mecânica e expansão das placas. Assim, a dessulfatação, pode ser uma alternativa, ela é a recuperação do sulfato cristalizado, por meio de um dessulfatador. Esse dessulfatador aplica uma tensão, pulso de tensão e frequência elevada nas células de chumbo-ácido, fazendo isso, o cristal é excitado, e consegue realizar a reação inversa, passando de sulfato de chumbo a dióxido de chumbo (BUZZÁ, 2018; CARDOSO, 2005) [...]” (Grupo A).

Já o grupo B não atendeu às expectativas geradas no relatório parcial quanto aos sinais de engajamento apresentados pelo grupo. No relatório final foram observados elementos que caracterizaram desengajamento comportamental como: não conseguiram enviar o relatório no prazo, tampouco terminaram a apresentação, somente um dos membros estava presente, os demais faltaram e não justificaram a falta ao professor. O aluno B<sub>2</sub> que compareceu no dia da apresentação não sabia que os colegas o haviam elegido como líder do grupo. O desengajamento cognitivo caracterizou-se quando o professor insistiu para que o discente B<sub>2</sub> apresentasse o que tinha pesquisado, e só após alguns minutos de espera ele resolveu fazer uma apresentação breve, sem investir nenhum esforço em se aprofundar no que já se sabia do relatório parcial, tampouco, esboçou esforço em estabelecer relações entre os conceitos e ideias relacionadas a resolução do problema. Esse resultado demonstra uma dificuldade na geração de engajamento nas atividades remotas, especialmente quando realizadas em grupo.

Na análise do relatório final do grupo B, observou-se que os integrantes apontaram vários fatores que poderiam causar a degradação das baterias, sem as devidas explicações. Na análise da solução apresentada, observou-se que não houve clareza, articulação das ideias e aprofundamento dos conceitos para fundamentar a solução do problema proposto, deixando-os de forma superficiais, como descrito abaixo:

**“[...] Descreva as possíveis soluções para os problemas**

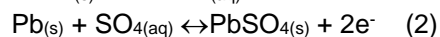
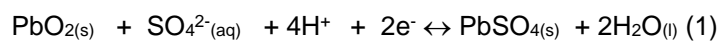
Existem vários fatores que prejudicam a vida útil das células eletroquímicas de chumbo ácido como a redução do eletrólito, reações indesejáveis com a produção de gases oxigênio e hidrogênio, corrosão das placas, expansão das placas, sulfatação incompleta. Assim, para a maioria deles as soluções sugeridas são, o controle de qualidade da bateria no sentido de regular essas células de acordo com os limites de segurança durante sua produção, realizar a carga de forma correta, não deixar os eletrodos descarregados por muito tempo (LAM et al, 2010; LUCZKIEWICZ, 2011) [...]” (Grupo B).

Conforme os resultados apresentados no relatório do grupo C, observou-se que mesmo diante de um novo problema, mostraram-se engajados cognitivamente na resolução da tarefa, quando investiram esforço psicológico na compreensão, síntese, relação e aprofundamento de conceitos na apresentação de soluções mais viáveis à degradação da bateria, por exemplo:

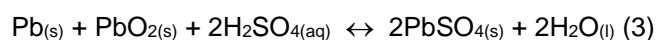
**“[...] Descreva as possíveis soluções para os problemas**

**Reações Redox**

De acordo com Carneiro et al (2017) na bateria chumbo-ácido tem se uma célula composta por uma placa de amálgama de chumbo esponjoso que corresponde ao cátodo e ânodo feito de peróxido de chumbo submerso em uma solução aquosa de ácido sulfúrico, que é o eletrólito. Assim, na reação de redução é produzido o sulfato de chumbo sólido mais água líquida a partir do dióxido de chumbo e os íons sulfato, conforme a (Equação 1). Já na reação de oxidação a formação do sulfato de chumbo ocorre a partir da interação entre o chumbo sólido e os íons sulfatos, de acordo com (Equação 2).



Dessa forma, a reação global, chamada de descarga da célula, conforme a (Equação 3).



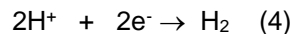
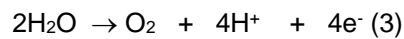
**Adicionar saída de gases**

Durante os processos de carga são liberados gases como Hidrogênio e Oxigênio, caso esses gases produzidos fiquem comprimidos dentro da bateria ou entrem em contato com uma faísca pode causar uma explosão. Assim,

surge como solução um supressor de chamas e gases, um dispositivo de segurança para liberação dos gases e inibição quanto ao acesso de faíscas e chamas para o interior da bateria.

### **Prevenir sulfatação e corrosão**

Evitar o baixo nível de carga, sobrecarga, sulfatação irreversível da bateria ou descarga profunda previne a sulfatação das placas. Assim, uma das fontes dessa sulfatação é o acúmulo de ácido sulfúrico nas placas de chumbo, funcionando como isolante no processo de carga das baterias. Isso pode causar corrosão e interromper o fluxo de corrente elétrica para a bateria. Assim, quando a bateria chumbo-ácida é submetida a um processo de carga, além da reação de transformação dos sulfatos de chumbo em chumbo e peróxido de chumbo ocorrem paralelamente, principalmente no final da carga, outra reação que é conhecida como eletrólise da água, que consiste na decomposição eletroquímica da água gerando na superfície da placa positiva oxigênio gasoso (O<sub>2</sub>) e na placa negativa hidrogênio também na forma gasosa (H<sub>2</sub>) (Equações 3 e 4).



A sulfatação pode gerar outro problema: a corrosão nos terminais da placa. Sulfatação: Os sulfatos são sais derivados do ácido sulfúrico. Nas baterias do tipo chumbo-ácido, o eletrólito é uma solução de ácido sulfúrico e os eletrodos placas de chumbo. Em alguns casos, esse sulfato forma nas placas cristais grandes que afetam o funcionamento da bateria, pois causa danos às placas por conta dos fios em contato com os vapores de ácido sulfúrico. Assim, um excesso desse ácido sulfúrico (eletrólito), promove também a acumulação de cristais isolantes (sulfatação) [...]” (Grupo C).

Considerando a melhoria no engajamento dos grupos A e C, acredita-se que os conhecimentos prévios sobre a metodologia a ser empregada é fundamental para o sucesso dessa em gerar engajamento em atividades de ensino aprendizagem. Já no caso do grupo B, a oscilação no engajamento pode ser devido a fatores como fadiga, a dificuldade do conteúdo, ou falta de motivação e dificuldades de manter rotinas em atividades remotas (KHLAIF et al., 2021).

Com base nos resultados apresentados, observou-se que alguns problemas de desengajamentos detectados no primeiro ciclo de aprendizagem acabaram se repetindo no segundo ciclo. Dentro desse contexto, a intervenção do professor na turma foi fundamental no sentido de sanar as dúvidas, melhoria no planejamento das ações, fortalecimento dos membros quanto equipe, divisão das tarefas, melhor seleção dos recursos e estratégias pesquisas, redistribuição dos papéis de coordenador, redator e porta-voz entre os membros, incentivar a colaboração, cooperação entre os colegas, manter e aprofundar o engajamento dos alunos. Assim, concordamos com as ideias propostas por Espinosa (2021) e Fredricks et al., (2016) quando afirmam que o engajamento é maleável e que sofre interferências de vários

elementos do contexto, por exemplo, a combinação do suporte acadêmico e interpessoal do professor no sentido de potencializar o engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos discentes.

### 5.3 Terceiro ciclo de aprendizagem (3º CA-PBL)

No terceiro ciclo de aprendizagem, repetiu-se os procedimentos adotados nos primeiros dois ciclos e analisou-se os resultados dos relatórios parcial e final dos grupos A, B e C referente ao problema 3. Nesse problema, os estudantes investigaram as causas da corrosão em bebedouros e propuseram um plano de ação contendo os meios de como prevenir e remediar esses problemas.

#### 5.3.1 Análise dos relatórios parciais 3º CA-PBL

Conforme os resultados apresentados no relatório parcial (APÊNDICES R, S,T), referente ao problema 3, observou-se que os integrantes do grupo A, que haviam melhorado o engajamento em relação ao 1º CA-PBL, apresentaram indícios de desengajamento cognitivo nesse 3º CA-PBL quando não esboçaram esforço em compreender e explicar com as próprias palavras a diferença conceitual entre os termos: corrosão eletrolítica, galvânica e aeração diferencial, demonstrando incoerência conceitual como descrito a seguir:

Aluno A1- “A corrosão eletrolítica caracteriza-se por ser um processo espontâneo, isto é, libera energia do sistema. A galvânica é aquela que ocorre entre dois metais e um meio condutor para que os íons se movam do cátodo para o ânodo. Já aeração diferencial caracteriza-se pelo desgaste de um dos metais que está em contato com a região mais concentrada do eletrólito”.

Na análise do relatório parcial, observou-se que o grupo A não demonstrou clareza nos fatos para as hipóteses geradas. Os conceitos apresentados são superficiais e não possuem conexão precisa com cada hipótese formulada.

#### “[...] Possíveis hipóteses

Corrosão Eletrolítica; corrosão Galvânica; aeração Diferencial  
Influência do meio corrosivo: atmosférico e pela Água

#### Fatos

Os pontos de ferrugem, são pontos onde se encontram parafusos e soldas. Os parafusos são compostos de Ferro e Zinco, e as soldas são formadas de Estanho e Chumbo. O contato desses metais com o oxigênio da atmosfera e a água proveniente dos respingos do próprio bebedouro podem ocasionar esse enferrujamento. Além da aeração diferencial, onde a carcaça do bebedouro é feita de aço inoxidável, esse aço inoxidável é composto de ferro e cromo, já o parafuso de aço, constituído de uma liga metálica de ferro, carbono, entre outros, essa diferença de concentração do oxigênio,

ocasionada pelo tamanho da superfície de contato origina uma diferença de potencial, funcionando o eletrodo mais aerado como catodo e o menos aerado como anodo [...]” (Grupo A).

Embora o professor tenha orientado os integrantes do grupo a não deixarem a responsabilidade da apresentação somente para o porta-voz, observou-se que os demais membros não se engajaram em colaborar com o colega em responder aos questionamentos feitos pelo professor, caracterizando desse modo desengajamento comportamental. Nesse sentido, Faria (2016) afirma que nem todos os estudantes conseguem se engajar em atividades realizadas em grupos, assim, não investem esforço psicológico na sua aprendizagem e acabam comprometendo o desenvolvimento do grupo e a aprendizagem dos colegas.

Na análise do relatório parcial do grupo B percebeu-se que houve maior interação e compartilhamento das informações entre os integrantes, maior autonomia no planejamento das ações, organização e comunicação dos conhecimentos científicos. O engajamento cognitivo ficou caracterizado quando eles apresentaram de forma coerente que uma das causas da corrosão nos bebedouros estava relacionada ao rompimento da película que protege o metal ferro, como descrito a seguir:

**[...] Possíveis hipóteses**

A parte externa dos bebedouros, é composta por aço inoxidável, contudo com a deterioração da película protetora de óxido de cromo. Assim, o ferro exposto ao ar, sofre corrosão; os parafusos sofrem desgastes mecânicos com o tempo. Desse modo, acabam perdendo sua proteção aos processos corrosivos.

**Fatos**

O aço inoxidável presente nos bebedouros é uma liga metálica formada basicamente pelos os elementos (ferro, carbono e cromo) em contato com o ar, o cromo reage com oxigênio formando uma película de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) que protege o ferro presente no aço. Contudo, quando esta camada protetora se rompe, o ferro sofre corrosão devido ao contato direto com o oxigênio e a água, tendo como produto o óxido de ferro hidratado ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) popularmente conhecido como ferrugem. Esse processo corrosivos acontece em pontos localizados nos bebedouros.

Um outro fato a ser considerado é a corrosão galvânica que ocorre nos parafusos visto que devido a sua composição dessas ligas metálicas, os metais possuem diferenças de potenciais. Assim, em contato com um eletrólito aquele metade de menor potencial tende a funcionar como uma área anódica, ou seja, perdendo elétrons para a espécie de maior potencial [...]” (Grupo B).

Na análise do relatório parcial dos alunos do grupo C percebeu-se que os mesmos demonstraram maior autonomia na construção e organização dos conceitos.

Observou-se um empenho do grupo em criar novas estratégias de aprendizagem na compreensão dos fenômenos relacionados as causas da corrosão nos bebedouros, caracterizando assim uma evolução contínua no engajamento cognitivo, como descrito a seguir:

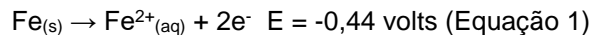
**“[...] Possíveis hipóteses**

O contato do metal, normalmente o ferro, com oxigênio (O<sub>2</sub>) do ar e gotículas de água, o que leva a reações de oxidação desse metal; a corrosão ocorre em pontos específicos como em torno do cordão de solda ou em partes que há parafusos; os bebedouros são feitos de aço inox, que é uma liga metálica composta basicamente de ferro, carbono e cromo, depois de um tempo a película de óxido de cromo pode sofrer desgaste, deixando o ferro desprotegido; os metais que constituem os parafusos e aço possuem potenciais diferentes os quais em contato com eletrólito formam uma célula galvânica.

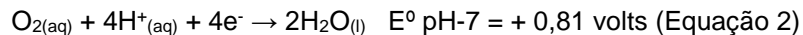
**Fatos**

O ferro tem um potencial de redução menor que do oxigênio e por isso tende a oxidar, liberando 2 elétrons formando íons Fe<sup>2+</sup> o qual reage com o oxigênio e a água produzindo óxido de ferro III hidratado (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nH<sub>2</sub>O), conhecido como ferrugem, um material sem resistência.

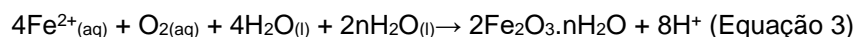
Reação anódica (oxidação):



Reação catódica (redução):



Reação global:



Observa-se que a corrosão ocorre em torno do cordão de solda ou onde há parafusos porque são regiões de borda ou defeito, esses pontos do material tende a ser mais reativos [...]” (Grupo C).

### 5.3.2 Análise dos relatórios finais do 3º CA-PBL

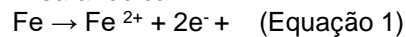
Na análise dos relatórios finais (APÊNDICES U, V, W), enquanto o grupo C adquiria autonomia nas atividades e engajamento cada vez mais significativo, os grupos A e B oscilavam e, portanto, necessitavam de maior intervenção do professor como mediador das discussões. Percebeu-se que a intervenção realizada pelo professor, no término das apresentações do relatório parcial, foi fundamental para estimular e manter o engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos discentes na construção dos relatórios finais. Assim, foi observado maior comprometimento dos membros do grupo A, por exemplo, na execução e entrega da atividade, caracterizando o engajamento comportamental. Já o engajamento

emocional ficou evidenciado quando nas discussões entre os membros sobre as diversas aplicabilidades no cotidiano da temática de corrosão despertou o gosto e o interesse na atividade. Isso os motivou a aprofundar as pesquisas para melhor compreensão do fenômeno da corrosão, evidenciando o engajamento cognitivo deles como descrito a seguir em uma das soluções apresentadas:

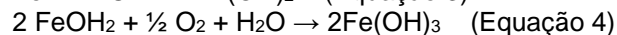
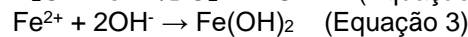
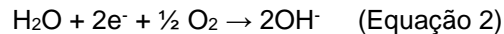
**“[...] Descreva as possíveis soluções para o problema**

De acordo Gentil (2003) a aeração diferencial ocorre quando um material está imerso em regiões diferentes aeradas, constituindo um tipo frequente de heterogeneidade que conduz a formação de uma pilha de aeração diferencial, como geralmente o oxigênio é o que intervém no processo de aeração, é também chamada pilha por oxigenação diferencial, sendo o ânodo a área menos aerada e o cátodo a área mais aerada. O processo ocorre de acordo com as reações abaixo:

Área anódica



Área Catódica



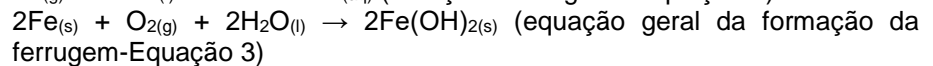
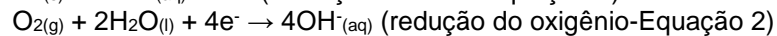
Assim, a ferrugem  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (óxido de ferro III hidratado) se forma em uma região intermediária entre a área catódica e a área anódica. Assim, tem-se uma corrosão localizada e, por tanto, produz ataque acentuado em determinadas regiões, ocorrendo a formação de pites ou alvéolos. Nesse sentido, um outro aspecto a ser considerado é que na junção de peças metálicas por rebites ou parafusos podem existir frestas e, como nessas frestas a aeração é pequena, resulta uma baixa concentração de oxigênio no eletrólito que se encontra no interior das mesmas e uma concentração mais elevada de oxigênio no eletrólito que se encontra em contato com o metal fora das frestas. Assim, no exemplo de chapas unidas por meio de parafuso observa-se que a região anódica, que sofre a corrosão, deve ser assinalada já que há menor concentração de oxigênio, pois é a parte menos aerada. Desse modo, como solução para o problema apresentado deve ser feito o revestimento orgânico, metálico, não metálico, proteção catódica, limpeza e sanitização (BUZZÁ, 2018; LAM et al, 2010; LUCZKIEWICZ, 2011; GENTIL, 2003) [...]” (Grupo A).

Também se observou maior interesse dos membros do grupo B, quando comparado a atuação deles no relatório parcial, em estudar o tema proposto no problema apresentado, evidenciando o engajamento emocional do grupo. Verificou-se também uma melhoria no planejamento das ações, criação de novas estratégias de pesquisa, maior empenho na compreensão dos conceitos, caracterizando o engajamento cognitivo como descrito a seguir:

**“[...] Descreva as possíveis soluções para o problema**

O aço inoxidável é uma liga metálica formada basicamente por ferro, carbono e cromo pode sofrer corrosão vai depender das condições as quais for submetido, seja pelo seu uso impróprio, ou mesmo, métodos de limpeza e manutenção inadequados (BUZZÁ, 2018). Assim, essa liga quando tem sua camada protetora (óxido de cromo) destruída ou danificada de alguma forma,

expõe o metal ferro à presença de oxigênio e água ingredientes essenciais para que ocorra a oxidação do ferro. Um outro aspecto a ser considerado é quanto ao fenômeno da heterogeneidade, responsável pela corrosão eletroquímica do aço. Assim, quando a liga sofre um aquecimento inadequado ocorre a formação de precipitado de carbeto de cromo ( $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ) no contorno de grão, exigindo-se grande quantidade de Cr, que será fornecido pela matriz do aço, causando o empobrecimento desse metal nestas regiões. Assim, a migração por difusão dos átomos de carbono nos contornos de grão, imediatamente antes da precipitação dos carbonetos, é o agente crítico neste fenômeno. Desse modo, observa-se que cada átomo de carbono retira praticamente seis átomos de cromo e o carboneto assim formado tem praticamente 94% de cromo o qual foi retirado da matriz do aço inoxidável (BUZZÁ, 2018; GENTIL, 2003). Nesse sentido, observa-se que a velocidade da corrosão está ligada à umidade do meio no qual o material está exposto, como por exemplo. Assim, o ferro com umidade relativamente baixa não sofre corrosão. Em casos onde a umidade esteja em torno de 60% a corrosão é lenta, quando essa umidade ultrapassa 70% o processo de corrosão se torna acelerado (GENTIL, 1996). Assim, as reações que acontecem durante a formação da ferrugem em pontos específicos do aço inoxidável estão descritas abaixo:



Desse modo, no caso específico de aços inoxidáveis, a adição de metais como o Titânio ou Nióbio na liga aumenta substancialmente sua resistência ao processo de corrosão intergranular, uma vez que estes elementos tem maior afinidade pelo carbono ou nitrogênio, formando primeiramente carbonetos e nitretos.

**Revestimentos:** O uso de revestimentos também pode ser uma saída para que a corrosão seja evitada, fazendo com que haja o isolamento do metal com o meio em que ele se encontra, pois, esse meio muitas vezes é o que o leva a tal circunstância. Nesse sentido, o revestimento orgânico é comum e se trata de fazer a impermeabilização mecânica do metal, com o verniz, esmalte ou pintura. Já nos parafusos existem diversas tecnologias disponíveis para que o fenômeno da corrosão não ocorra com tanta facilidade como por exemplo:

**Metais ou anodo de sacrifício:** Já que a ferrugem inicia-se com a oxidação do ferro. Assim, uma das maneiras de proteger ele é a utilização de um metal que tenha um potencial de oxidação maior que o do ferro para oxidar-se em seu lugar fornecendo elétrons para que os íons de  $\text{Fe}^{2+}$  voltem a ser ferro metálico, **Revestimento:** Revestir os parafusos com tinturas específicas podem auxiliar a retardar esse processo um exemplo desse tipo de tintura é o tetróxido de chumbo. **Ligas metálicas:** O uso de outras ligas metálicas na fabricação do ferro também pode auxiliar a diminuição desse desgaste [...] (Grupo B).

Foi observado entre os integrantes do grupo C, colaboração e cooperação na resolução da atividade proposta, caracterizando o engajamento comportamental, o qual foi melhorado ao longo dos ciclos de aprendizagem, como já mencionado. O interesse em acolher as ideias dos colegas no momento das discussões em grupo deu indícios de engajamento emocional. Verificou-se maior capacidade de mobilização do grupo no sentido de canalizar os esforços para aumentar a

aprendizagem de todos os integrantes da equipe de trabalho, evidenciando o engajamento cognitivo. Isso ficou constatado quando propuseram uma possível solução para o problema de corrosão nos bebedouros, conforme descrito no relatório final:

**“[...] Descreva as possíveis soluções para os problemas**

O processo de corrosão do ferro ocorre quando este metal se encontra em contato com o ar úmido, ou seja na presença do oxigênio e da água. O ferro tem um potencial de redução menor que do oxigênio e por isso irá oxidar, liberando dois elétrons e íons  $Fe^{2+}$  o qual reage com o oxigênio e a água produzindo óxido de ferro (III) hidratado ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ), que é conhecido como ferrugem, um material sem resistência (FEDELE, 2004). Este processo está descrito abaixo por meio das reações:

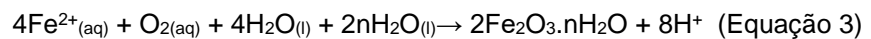
Reação de Oxidação:



Reação de Redução:



Reação global:



Assim, no bebedouro não é esperado a sua corrosão, já que sua parte externa normalmente é composta com aço inoxidável, ou popularmente chamado de aço inox. Esse material é uma liga de ferro com cromo (Fe-Cr) ou cromo e níquel (Fe-Cr-Ni), além de apresentarem em pequena porcentagem outros elementos, tais como o carbono, molibdênio, manganês, titânio e entre outros. Assim, a resistência à corrosão só é possível devido a presença do cromo como uma proteção física, este elemento passa pelo processo de oxidação na presença do oxigênio, pois tem um potencial de redução ( $E^0 = -0,913$ ) menor. No fim da reação há a formação do óxido de cromo(III) que funciona como uma película de óxido protegendo o ferro da corrosão (FRAUCHES-SANTOS, 2014). No entanto, após um tempo é possível observar no bebedouro a presença de ferrugem em pontos específicos, como nos pontos em que há solda e em pontos com parafusos. Num primeiro olhar é possível dizer que seria devido a irregularidade do metal que permite uma maior reatividade, ou seja, doa mais facilmente elétrons com o meio, fenômeno conhecido como heterogeneidade o qual se caracteriza pela diferença de potencial em diferentes regiões do metal formando uma pilha de corrosão. A soldagem dos aços depende do tipo do material, assim, quanto maior a porcentagem de carbono maior a probabilidade dos carbonetos precipitarem nos contornos de grão da ZTA (zona termicamente afetada), que é a zona que não passou para o estado líquido, mas teve a estrutura alterado pelo calor, por isso apresenta fases indesejáveis que leva a corrosão. Além disso, as propriedades físicas podem influenciar, como maior temperatura de fusão, menor coeficiente de expansão térmica e maior resistência elétrica. Um outro aspecto que deve ser levado em consideração é a necessidade de limpeza do material para minimizar contaminações que deterioram a resistência à corrosão. Para minimizar estes problemas na soldagem é recomendado controle do aporte térmico e resfriamento rápido (MODENESI, 2011). Uma outra alternativa ao problema proposto é a pintura inibidora de corrosão, como por exemplo a

tinta epóxida ( $C_2H_4O$ ), que constitui-se de uma barreira rígida, resistente e impermeável. Um outro tipo é o zarcão ( $ZnCrO_4$ ), por ser um material totalmente oxidado (o chumbo está com o número de oxidação máximo,  $4^+$ ), funciona como ânodo protegendo o metal da corrosão. Ambas formas de proteção exigem uma prévia limpeza para evitar que certas substâncias possam impedir o contato direto da tinta com a superfície metálica que futuramente podem causar um descascamento da tinta e levando a corrosão [...]” (Grupo C).

Observou-se que embora a problemática no terceiro ciclo tenha abordado uma temática mais complexa, os alunos se mostraram mais seguros, confiantes e entusiasmados. Verificou-se por meio das gravações das aulas que os diálogos apresentaram maior repertório teórico, cooperação entre os estudantes, fortalecimento enquanto grupo, caracterizando maior engajamento. Além disso, as repostas apresentadas são válidas e suficientes para resolver o problema proposto.

#### **5.4 Desempenho dos alunos nas avaliações escritas referente às três unidades da disciplina de eletroquímica.**

De acordo com Aspeé et al., (2018) e Faria e Vaz, (2019) a definição de engajamento está diretamente relacionado ao sucesso acadêmico do estudante, satisfação com o conteúdo que se aprende, aquisição de novos conhecimentos, desenvolvimento de habilidades e competências, qualidade no desempenho acadêmico. Dentro desse contexto, avaliou-se o desempenho dos estudantes por meio de três (3) avaliações escritas contendo dez (10) questões, nas quais foram abordados os conteúdos trabalhados em cada um dos problemas, aplicadas no final de cada unidade (I, II e III) da disciplina de eletroquímica, como mostra a Tabela 8, a seguir:

**Tabela 8:** Desempenho dos alunos nas avaliações escritas 1, 2 e 3

<b>Unidade I</b>	<b>Unidade II</b>	<b>Unidade III</b>	<b>Média final</b>
<b>(Avaliação 1)</b>	<b>(Avaliação 2)</b>	<b>(Avaliação 3)</b>	
8,5	9,0	8,9	8,8
8,5	9,0	7,5	8,3
7,8	8,0	8,8	8,2
7,8	10,0	7,0	8,3
5,9	7,5	7,5	7,0
8,5	8,0	9,3	8,6
8,5	10,0	9,3	9,3
9,3	9,5	7,0	8,6

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados apresentados, na primeira avaliação (Unidade I) sete alunos (87,5% dos 8 participantes) tiveram notas aprovativas maiores que sete ( $> 7,0$ ), enquanto um aluno 12,5% apresentou um rendimento inferior a seis ( $< 6,0$ ). Os resultados demonstram que o método PBL utilizado na promoção do engajamento dos alunos influenciou positivamente no aprendizado dos discentes, refletindo na melhoria do rendimento acadêmico.

Na segunda avaliação (Unidade II) houve ainda uma melhora significativa no desempenho dos alunos, uma vez que 100% dos participantes obtiveram rendimento acima de sete ( $> 7,0$ ), e destes 62,5% obtiveram nota igual ou superior a nove ( $\geq 9,0$ ). Na terceira avaliação (Unidade III), novamente 100% dos discentes apresentaram um rendimento aprovativo acima de sete ( $> 7,0$ ), com 25% destes obtendo nota acima de nove ( $> 9,0$ ). Essa relativa diminuição de rendimento dos alunos em relação ao segundo ciclo pode estar relacionada ao maior grau de dificuldade dos conteúdos referentes ao Problema 3, quando comparado aos problemas anteriores. Na análise da média dessas três notas, ou seja, média final dos alunos na disciplina, 100% dos

participantes passaram com rendimento igual ou acima da média ( $\geq 7,0$ ), sendo 87,5% destes com média maior que oito ( $> 8,0$ ).

De acordo com esses resultados apresentados, é possível afirmar que quando os problemas são significativos, conectados com o cotidiano dos alunos, demandam esforço físico e psicológico, maior compromisso e responsabilidade na execução das tarefas, colaboração, são capazes de promover maior engajamento dos discentes, refletindo diretamente na melhoria do rendimento escolar deles. Vale ressaltar, que a intervenção do professor se mostrou de grande importância para manter ou melhorar o engajamento da turma em atividade de ensino aprendizagem com metodologia ativa recém apresentadas aos alunos, especialmente em aulas remotas. O engajamento em sala de aula tem atraído atenção de pesquisadores e professores por ser maleável e responder aos elementos do contexto, como por exemplo, o suporte do professor ao aluno. Além disso, o engajamento se caracteriza pela sua forte influência no desempenho escolar dos discentes. Em outras palavras, alunos mais engajados conseguem aproveitar melhor as oportunidades de aprendizagem (FREDRICKS et al., 2016; FARIA; VAZ, 2019).

### **5.5 Análise do questionário final: a percepção dos estudantes quanto ao processo de implementação da PBL na disciplina de eletroquímica.**

A aplicação deste questionário tinha como finalidade obter um *feedback* dos alunos quanto ao processo de implementação da proposta de ensino. Os discentes avaliaram a proposta levando em consideração dois aspectos: (i) quanto a aceitação como metodologia e (ii) como instrumento de revisão de conteúdo (sempre ao final de cada unidade, e antes de cada avaliação escrita digital tradicional). Para análise dos dados, foi realizado um recorte das (10) dez questões, consideradas relevantes e alinhadas aos aspectos citados acima.

Quando questionados se acreditavam que as atividades PBL em momentos pontuais das aulas teriam maior aceitação do que aquelas mais longas, os oito pesquisados foram favoráveis ao formato de implementação da metodologia como foi adotada na presente pesquisa, com problemas de menor complexidade aplicados em momentos estratégicos das aulas. Embora os diferentes formatos de implantação do método PBL (curricular, híbrido, parcial e pontual) não ofereçam os mesmos ganhos cognitivos, o caminho a ser seguido para atingir um formato ideal do método, assim

como foi concebido, seria a aplicação de problemas de curta duração e de menor complexidade, gradativamente, para que a aceitação dessa metodologia se torne menos traumática para os docentes e discentes (RIBEIRO; VIANA, 2018).

Observou-se que sete estudantes acreditam que essa metodologia possibilita uma participação ativa dos alunos na construção da própria aprendizagem e é capaz de promover o engajamento nas dimensões comportamental, emocional e cognitiva. Já um discente não opinou a respeito do que foram questionados. Ao serem questionados se o método PBL promove melhoria na compreensão dos conteúdos, seis dos pesquisados opinaram favoravelmente, já dois estudantes resolveram não se manifestar, quando questionados. Esses resultados indicam que a metodologia possibilita ao aluno exercer o seu protagonismo, atuando de maneira autônoma na construção do conhecimento, ouvindo, perguntando, ensinando, discutindo, pesquisando, compartilhando informações, interagindo com os colegas e o professor. Tudo isso, promove uma maior ampliação e aprofundamento dos conteúdos abordados (FARIA; VAZ, 2019).

Ao serem questionados se haviam gostado de participar da experiência com a metodologia baseada em problemas, sete alunos responderam que sim. Assim, diferentemente dos modelos convencionais de ensino os quais são centrados no professor, e os alunos se tornam passivos, na PBL o papel se inverte o docente se torna um facilitador, mediador, enquanto os alunos atuam ativamente durante todo o processo de ensino aprendizagem. Desse modo, a metodologia baseada em problemas tem a capacidade de tornar a aprendizagem dos estudantes mais prazerosa, dinâmica. Além disso, esse método cria oportunidades de integração entre teoria, prática e o desenvolvimento de habilidades para um melhor entendimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Já um discente resolveu não opinar quanto a aplicação da metodologia.

Quando questionados, se na implementação do método PBL os alunos participavam ativamente de forma autônoma na tomada de decisões em todo o processo de ensino aprendizagem, sete discentes responderam que sim. Enquanto um dos pesquisados resolveu não se manifestar. No método PBL os alunos são responsáveis pela própria aprendizagem. Em um estudo realizado por Aspeé et al., (2018) que investigou o grau de comprometimento estudantil nas atividades

acadêmicas, indica que as metodologias ativas são promissoras no envolvimento dos alunos na resolução das tarefas em sala de aula. Essas atividades possibilitam aos estudantes investirem tempo, esforços e energia psicológica para alcançarem os objetivos acadêmicos.

Ao serem questionados, se estudariam em uma instituição de ensino em que todas as aulas fossem pautadas nos preceitos PBL, seis dos alunos responderam que sim. Um dos estudantes preferiu não emitir nenhuma opinião, quando questionado. O currículo de uma instituição de ensino é o grande norteador do processo educacional, o qual tem como objetivos orientar, nortear, direcionar as ações dos docentes e os diferentes níveis de ensino do sistema educacional, promover o aprendizado e aproximar as novas práticas de ensino daquilo que os alunos almejam. Assim, ao elaborar e implantar os seus currículos com base em novas abordagens pedagógicas como a metodologia baseada em problemas as instituições devem levar em consideração alguns aspectos tais como, o curso, as disciplinas ofertadas, a equipe de professores, carga horária, necessidades dos estudantes, recursos financeiros, tempo e espaço destinado ao desenvolvimento de atividades extras capazes de manter e aprofundar o engajamento estudantil (RIBEIRO et al., 2018)

Quando questionados se teriam melhor aproveitamento nas aulas ofertadas pelo modelo tradicional de ensino, dois dos pesquisados afirmaram que teriam melhor aproveitamento pelo método convencional de ensino. Na concepção desses participantes, anotar e decorar aquilo que o professor transmitiu é garantia de aprendizado, especialmente por já estarem adaptados esse modelo. Enquanto seis dos participantes afirmaram que não teriam melhor rendimento com este tipo de abordagem pedagógica. Isso demonstra que mais da metade (75%) dos pesquisados possuem uma maior percepção quanto as limitações da aprendizagem proporcionadas apenas pelo método tradicional.

Ao serem questionados, se os problemas resolvidos foram relevantes para a futura prática profissional, sete dos participantes afirmaram que sim. Um aluno resolveu não se posicionar quando questionados. Os problemas representam uma ferramenta importante dentro dos currículos que adotam metodologias ativas como o PBL. Os problemas têm como funções resgatar os conhecimentos armazenados na memória, integrar os conhecimentos das diversas áreas e direcionar os estudos, devem conter gatilhos que sejam capazes de fomentar as discussões e encorajar os

estudantes na busca de respostas para as questões de aprendizagens (RIBEIRO et al., 2018).

Ao serem questionados se o professor tutor fomentava o pensamento científico, crítico e reflexivo dos estudantes, sete dos discentes concordaram que o tutor exerce papel fundamental para o bom desenvolvimento deles nas etapas de sistematização da aprendizagem no método PBL. Entretanto, um dos pesquisados não concordou com as atribuições desempenhadas pelo professor tutor.

Para Almeida e Batista (2013) o professor tutor desempenha funções importante no processo PBL tais como: conhecedor dos objetivos dos problemas e dos módulos temáticos, deve fomentar as discussões e a participação, motivar os participantes a levantar questões de aprendizagem, formular hipóteses, estimular e direcionar o estudo autônomo, orientar os alunos na organização da síntese das informações, facilitador no processo de construção dos conhecimentos individual e coletivo, avaliar as soluções dos problemas.

Ao serem questionados, se sentiram engajados em pesquisar, estudar e participar das discussões nos grupos de trabalhos, sete dos pesquisados responderam que se sentiram motivados em participarem das discussões em equipe, visto que na concepção desses alunos as discussões entre os componentes dos grupos estimularam a prática da pesquisa. Além disso, os próprios discentes se tornam fontes de informações para os colegas quando expõem suas ideias ou fazem a indicação de livros, sites, blogs e artigos científicos. Isso foi confirmado, na análise das gravações das aulas, os alunos perguntaram, ouviram, ensinaram, compartilharam informações, interagiram com o professor. No entanto, apesar das atividades desenvolvidas nas etapas de sistematização do método PBL sejam importantes no processo de ensino aprendizagem, um dos pesquisados preferiu não se manifestar quando questionado.

Na concepção de Borges et al. (2014) os grupos tutoriais são mediados por um tutor o qual assume a responsabilidade de estimular a participação dos alunos e coordenar as atividades desenvolvidas pelas equipes de trabalho. Desse modo, para alcançar os objetivos de aprendizagem, os discentes definem o papel exercido por cada integrante. Assim, o líder tem a função de liderar, motivar e encorajar a participação dos estudantes, o redator registra todos os pontos importantes discutidos

nas reuniões, anota as fontes de pesquisa usadas pelo grupo, o porta-voz é responsável por transmitir as informações em nome da equipe, os demais membros se encarregam de participar de todas as etapas das sessões tutoriais, fazem perguntas, ouvem e respeitam as opiniões dos colegas.

Ao serem questionados quanto à eficácia dos critérios usados para avaliar os alunos no método PBL, seis dos alunos concordam com os critérios usados para avaliá-los. Assim, na concepção deles, a avaliação no método PBL consiste numa abordagem contínua, cumulativa e sistemática a qual não visa o resultado apenas, mas sim o progresso dos alunos na construção dos conhecimentos. Já dois dos participantes não opinaram quando questionados. Essa neutralidade expressa por esses alunos está relacionada ao fato de estarem habituados com a forma de avaliação adotada no método tradicional de ensino a qual se baseia em fazer provas, exames e atribuir notas, indicando os aprovados e reprovados. Assim, acabam não tendo clareza em quais critérios usados em um ou outro método de ensino.

Quando perguntados, se as atividades desenvolvidas no grupo tutorial promoviam aprendizagem cooperativa e colaborativa, sete dos estudantes mencionaram que sim. Na concepção deles, essas atividades quando bem estruturadas e orientadas são capazes de promover aprendizagens colaborativas e cooperativas, as quais estimulam o pensamento crítico, reflexivo e científico, troca de informações, desenvolvimento da capacidade de interação entre os participantes da equipe de trabalho e resolução de problemas. Um dos pesquisados preferiu não se posicionar quando questionado.

Na concepção de Torres e Irala (2014) as atividades desenvolvidas nas sessões tutoriais, quando bem estruturadas e orientadas, são estratégias que estimulam a participação dos estudantes na construção de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais de forma coletiva e compartilhada. Em outras palavras, o trabalho desenvolvido de forma colaborativa e cooperativa no qual o estudante se torna responsável pela sua aprendizagem e dos companheiros do grupo favorece o engajamento mútuo dos discentes na construção de conhecimentos, discussões, tomada de decisões e resolução de problemas.

Ao serem questionados, se os problemas empregados foram relevantes para a revisão, ampliação e aprofundamento dos conteúdos, bem como para a futura prática

profissional. Sete dos pesquisados acreditam que a problemática empregada favoreceu maior compreensão dos temas abordados. Isso ficou comprovado na análise da média final das avaliações, quando 100% dos alunos obtiveram rendimento acima de sete, bem como nas soluções válidas e suficientes apresentadas por eles. Os problemas representam uma ferramenta importante dentro dos currículos que adotam metodologias ativas como o PBL. Em outras palavras, os problemas servem como base para motivar, focar, direcionar a busca de novos conhecimentos. Além disso, conectam a aprendizagem em situações similares aquelas que os estudantes encontrariam na sua futura prática profissional. Um dos participantes resolveu não se posicionar quando questionado.

As problemáticas têm como funções resgatar os conhecimentos armazenados na memória, integrar os conhecimentos das diversas áreas e direcionar os estudos, devem conter gatilhos que sejam capazes de fomentar as discussões e encorajar os estudantes na busca de respostas para as questões de aprendizagens. Além disso, elas apresentam outros atributos que são essenciais para o futuro exercício profissional dos alunos, tais como habilidades de tomada de decisões e solução de problemas em situações não rotineiras, adaptabilidade às mudanças, desenvolvimento do pensamento crítico e criativo, responsabilidade com o próprio aprendizado e formação contínua, adoção de novos métodos sistêmicos e holísticos (RIBEIRO; VIANA, 2018).

## **5.6 Feedback dos alunos: vantagens e desvantagens na aplicação da metodologia baseada em problemas (PBL)**

### **5.6.1 Vantagens do método PBL**

A avaliação dos alunos na implementação do método PBL na disciplina de eletroquímica confirma muitos resultados apresentados na literatura. Assim, os trechos a seguir demonstram os pontos positivos da metodologia baseada em problemas. Esses benefícios do PBL estão em conformidades com as vantagens apontadas em estudos realizados por (RIBEIRO et al., 2018; SOUZA; DOURADO, 2015).

“Um das principais vantagens dessa metodologia de ensino aprendizagem é que possibilita uma participação ativa do aluno no contexto de sala de aula” (A<sub>01</sub>). “Gostei muito da aplicação dessa abordagem pedagógica porque usou problemas do cotidiano dos alunos, os quais

contemplavam os conteúdos da disciplina de eletroquímica. Desse modo, esse método PBL motivava a aprender cada vez mais” (A<sub>03</sub>).

“O método PBL estimula a buscar novos conhecimentos. Assim, é como se o aluno mergulhasse no problema como um verdadeiro pesquisador, lendo, organizando ideias, fazendo anotações, debatendo com os colegas do grupo. Isso permite aos discentes captar mais conteúdos de forma prática e interativa. O aluno torna-se mais maduro, questionador e responsável pelo próprio aprendizado. Esses atributos são importantes quando os estudantes estiverem cursando disciplinas futuras como o trabalho de conclusão de curso -TCC” (B<sub>01</sub>).

“A proposta em si realmente coloca o aluno no centro do processo educacional, participando ativamente na busca de novos conhecimentos para resolver o problema. Assim, enquanto outros métodos convencionais se baseiam na transmissão de informações com foco no conteúdo, o aluno como ser passivo que se preocupa em memorizar os conteúdos para prova, o método PBL tem como base, os problemas para direcionar, motivar os estudantes na construção de conhecimentos, na busca da origem dos conceitos e como eles estão relacionados para serem aplicados na resolução do problema” (C<sub>02</sub>).

“A metodologia baseada em problemas aplicou-se muito bem as características da disciplina de eletroquímica, pois como apresentava muitos conceitos difíceis de serem compreendidos pelo método tradicional de ensino. Assim, a aplicação de problemas envolvendo os conteúdos da disciplina motivou os alunos a se dedicarem mais na busca e compreensão dos conceitos” (B<sub>02</sub>).

“A metodologia de ensino aprendizagem, diferentemente dos métodos convencionais, promove a interação entre os integrantes dos grupos, estimula a investigação científica, possibilitando a harmonização entre a teoria e a prática, incentiva e encoraja os alunos a realizarem a auto avaliação e avaliarem os colegas da equipe de trabalho” (C<sub>03</sub>)

“A princípio o grupo de trabalho imaginou que a aplicação da metodologia não fosse adequada para aprender e aprofundar os conteúdos da disciplina de eletroquímica, mas a cada aula os alunos foram conhecendo, se envolvendo, dialogando, interagindo uns com os outros, pesquisando, interiorizando os instrumentos essenciais para a resolução do problema” (A<sub>02</sub>)

“O método PBL contribuiu muito para o aprendizado dos alunos porque promovia um maior engajamento dos alunos no desenvolvimento das atividades. Após as orientações do tutor, divisão dos grupos, entrega dos problemas, os estudantes se reuniam, discutiam as melhores estratégias para a construção dos relatórios parciais e finais. Assim, essa interação entre os integrantes dos grupos de trabalhos, com habilidades, competências e pontos de vistas diferentes oportunizava aos alunos igualdade de acesso ao conhecimento e ao aprendizado” (C<sub>01</sub>).

As vantagens destacadas pelos alunos quanto a aplicação do método PBL na disciplina de eletroquímica está em conformidade com outros trabalhos relatados na literatura quando apontam que essa metodologia é capaz de promover maior motivação, engajamento e interesse dos alunos em aprender os temas abordados. Assim, a motivação se torna um elemento essencial no aprendizado dos alunos, pois ativa o desejo e a curiosidade deles em buscar novos conhecimentos (CARVALHO, 2009; MARCIEL et al, 2020).

A integração dos conhecimentos, união da teoria à prática, desenvolvimento de habilidades do pensamento científico, comunicação, relações interpessoais, habilidade de trabalhar em equipe, capacidade de tomada de decisão e resolução de problemas são outras vantagens citadas nas falas dos alunos, também confirmadas em outras pesquisas com a metodologia baseada em problemas. Assim, na concepção dos alunos esses atributos do método PBL os coloca em uma situação de destaque por possibilitar uma melhor compreensão dos conceitos e uma aprendizagem significativa dos temas abordados na disciplina de eletroquímica (MOREIRA et al, 2020).

### 5.6.2 Desvantagens do método PBL

Muitos estudantes apontaram vários benefícios na aplicação do método PBL. Contudo, alguns deles também relataram algumas desvantagens na aplicação da metodologia da forma como adotada, tais como:

“A forma como foi implementada (de forma remota) acabou causando insegurança em alguns momentos. Assim, quando o grupo marcava um momento para se reunir remotamente, alguns integrantes não conseguiam porque estavam com problemas de internet. Isso acabava desmotivando os alunos tornando-os inseguros e prejudicando o andamento dos trabalhos em grupo. Assim, se aplicação da metodologia estivesse acontecido presencialmente teria sido mais proveitosa em termos de aprendizado” (B<sub>02</sub>).

“O tempo destinado para a construção dos relatórios parciais e finais não era suficiente. Os alunos não conseguiam se reunir em outro horário que não fosse aquele destinado a aula de eletroquímica, pois muitos cursavam outras disciplinas remotamente. Isso prejudicava a dinâmica da metodologia. Assim, o método PBL requer tempo para que os alunos possam se reunir, discutir, pesquisar e montar as apresentações” (C<sub>03</sub>).

“Como a metodologia foi implantada em alguns momentos da disciplina de eletroquímica, os pesos das avaliações acabaram gerando dúvidas. Assim, após as apresentações dos relatórios parciais e finais, era disponibilizado (remotamente) o link da avaliação referente aos conteúdos ministrados nas aulas expositivas que antecederiam a aplicação dos problemas. Desse modo, os alunos ficavam na dúvida se priorizavam uma em detrimento da outra. Seria interessante se valorizasse mais as avaliações da aplicação do método PBL” (A<sub>03</sub>).

“Os alunos teriam demonstrado mais interesse em executar e participar das atividades, se fossem avaliados na disciplina de eletroquímica com base no que tinham produzido na metodologia baseada em problemas, e não pela avaliação tradicional. Assim, ao agregar valor nas atividades desenvolvidas no ciclo de aprendizagem PBL, de modo que isso venha a impactar no rendimento dos estudantes no final do período, eles tornam-se mais motivados e engajados em participar de metodologias com esse formato de implantação” (C<sub>02</sub>)

Alguns pontos negativos relatados pelos discentes neste estudo estão relacionados a forma como foram desenvolvidas as atividades PBL no contexto pandêmico. Assim, com a suspensão das aulas presenciais do ensino infantil ao superior devido à pandemia do novo coronavírus (COVID-19), o ensino remoto emergencial surgiu como uma alternativa para frear a proliferação do vírus, e sobretudo para que os alunos não ficassem prejudicados. Desse modo, os docentes e discentes tiveram que se adaptar as novas mudanças e possibilidades no processo de ensino aprendizagem usando como aliados os recursos das tecnologias da informação e da comunicação (MARCIEL et al., 2020).

Nesse sentido, conforme apontam Moreira et al. (2020) com a implantação do ensino remoto emergencial, como alternativa para superar a ausência de aquisição de conhecimentos, surgiram vários desafios os quais passaram a fazer parte da rotina dos professores e alunos tais como: falta de formação e capacitação dos docentes para lidar com os recursos tecnológicos disponíveis, ausência de equipamentos, falta de internet, inexistência de sinal de TV , motivação para acompanhar as aulas, carência de supervisão dos pais, alunos com dificuldades de aprendizagem etc. Dentro desse contexto, como a aplicação dessa pesquisa ocorreu de forma remota, o ponto negativo citado pelos alunos não parece ser da metodologia em si, e sim dos desafios enfrentados no ensino remoto, como na execução de atividades virtuais desenvolvidas individualmente ou coletivamente.

De acordo com Moreira et al. (2020) as atividades desenvolvidas para contextos remotos quando bem planejadas e empregadas com critérios bem definidos estimulam a tomada de decisão e a construção dos conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais pelos discentes de forma ativa, colaborativa e participativa. Assim, o professor ao estruturar essas atividades virtuais baseadas numa perspectiva construtivista deve estabelecer os critérios de qualidade que favorecem uma aprendizagem significativa, tais como:

“Promover no aluno um papel ativo.

Ajudar os alunos a elaborar seu próprio conhecimento a partir da interação com outras pessoas (discentes e docentes) e recursos (digitais).

Promover a formulação de questões que podem estar sujeitas a investigação.

Convidar a expressar, organizar e contrastar o conhecimento e a hipótese inicial dos alunos sobre os objetos de estudo a serem investigados.

Estimular a aprendizagem autônoma.

Promover o desenvolvimento de projetos de pesquisas para responder a problemas.

Promover a exploração de novos conteúdos através de recursos digitais e outras fontes de informação.

Estruturar as informações obtidas, incluindo tarefas como resumir, entender, relacionar, concluir, etc.

Estimular a comunicação, discussão ou colaboração com outros participantes no espaço de aprendizagem virtual.

Promover a aplicação ou transferência de processos cognitivos em novos cenários e contextos.

Refletir de forma meta-cognitiva sobre o desenvolvimento e os resultados da pesquisa (MOREIRA et al.,2020)".

Um outro aspecto negativo do método observado nas falas dos alunos é a insegurança inicial diante da transição de um método de ensino. Assim, ao contrário dos modelos de ensinamentos convencionais que são diretivos, com aprendizagem passiva, a metodologia baseada em problemas é não diretiva, exigindo dos alunos maior comprometimento e responsabilidade pelo próprio aprendizado. Isso pode deixá-los com dúvidas, desmotivados, inseguros, inquietos com a inserção de abordagens pedagógicas que os colocam como protagonistas do processo de ensino aprendizagem. Assim, essa insegurança inicial mencionada pelos estudantes também foi apontada em outros estudos com o método PBL (RIBEIRO et al., 2018).

O tempo é um outro aspecto citado pelos discentes o qual limita a aplicação do método PBL. A inserção dessa metodologia ativa exige dos estudantes esforços adicionais extra classe para pesquisar, organizar as ideias, construir e apresentar os relatórios parcial e final. Desse modo, a aplicação dessa metodologia requer mais tempo para que os alunos possam atingir o nível de aprendizado esperado. Assim, para que a aprendizagem aconteça de forma eficaz é necessário que seja ampliado o tempo para o desenvolvimento de atividades na disciplina de eletroquímica só assim os estudantes poderão alcançar os melhores resultados (MARCIEL et al., 2020).

A avaliação deve ser um instrumento pedagógico indispensável no processo educacional que deve ter como finalidade verificar o avanço, o crescimento dos alunos, se os objetivos propostos foram alcançados, apontar as dificuldades encontradas em determinado componente curricular e orientar o docente na tomada

de decisões conscientes, e não se reduzir à prática de disciplinar, punir ou indicar o fracasso dos estudantes (RIBEIRO et al., 2018).

Conforme Ribeiro et al., (2018) e Souza e Dourado (2015) a avaliação do processo de ensino aprendizagem no método PBL é processual, formativa, rompendo com algumas regras do modelo tradicional de avaliar, invertendo os papéis exercidos pelos discentes e docentes. Nessa metodologia os alunos são convidados a realizarem a sua autoavaliação, avaliar seus colegas e a atuação do professor tutor. Essa maneira de avaliar acaba se tornando uma tarefa árdua para eles, visto que ficam receosos de fornecerem uma nota ruim aos membros da equipe de trabalho e prejudicá-los de alguma forma. Assim, quanto mais inovadora seja a estratégia usada para avaliá-los, mais ameaçadora se torna para os estudantes. Assim, ao verbalizarem que a avaliação é um aspecto negativo da metodologia adotada, isso se deve ao fato de não estarem habituados com essa nova forma de avaliação apresentada no método PBL, deixando-os confusos, inquietos e inseguros.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho nos propomos a investigar a influência da metodologia PBL como estratégia de aprendizagem na promoção do engajamento estudantil na disciplina de eletroquímica no ensino superior em ambiente remoto. Nesse caso, a PBL foi implementada utilizando-se de problemas de química de menor complexidade de modo a avaliar o engajamento na construção dos conceitos e soluções apresentadas.

Os resultados obtidos mostraram que no primeiro ciclo de aprendizagem os alunos dos grupos A, B e C apresentaram dificuldades na construção dos relatórios de progressão (parcial e final) seja em formular hipótese, fatos, questões de pesquisa ou estabelecer estratégias de pesquisa e de trabalho em grupo, de ordem conceitual. Em outras palavras, faltou engajamento em todas essas esferas. O desengajamento neste primeiro ciclo pode estar relacionado a falta de conhecimento da metodologia, ao ambiente de aprendizagem, bem como aos fatores que limitam o ensino remoto. Para mitigar as dificuldades encontradas, o professor realizou uma intervenção na turma para que fossem sanadas as dúvidas dos discentes quanto as estratégias de pesquisa, construção dos relatórios, apresentações, discussões, interação, participação ativa, cumprimento de prazos etc.

Diante de toda problemática identificada no primeiro ciclo de aprendizagem, o professor realizou intervenção na turma a qual visou sanar as dúvidas dos alunos, estimular a percepção dos objetivos das atividades propostas, catalisar as discussões em grupo com foco na aprendizagem, visando manter e aumentar o engajamento dos discentes. Verificou-se, após a intervenção, que os alunos do grupo A e C apresentaram indícios de engajamento comportamental e cognitivo. Já os membros do grupo B, no relatório final, não mantiveram, tampouco aprofundaram o envolvimento na tarefa demonstrado no relatório parcial no segundo ciclo de aprendizagem. Não houve colaboração, cooperação, persistência da tarefa, não finalizaram a apresentação, caracterizando desengajamento comportamental. Observou-se ainda desengajamento cognitivo deste grupo pela falta de sintonia entre eles, pouco esforço em buscar novas estratégias para uma melhor compreensão do conteúdo.

Embora a complexidade da temática abordada no problema 3 tenha sido maior do que aquelas cobradas nos problemas 1 e 2, observou-se maior envolvimento dos alunos com a atividade proposta no terceiro ciclo de aprendizagem. Assim, foi possível encontrar indícios de indicadores que caracterizavam engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos grupos A, B e C. A melhoria dos níveis de engajamento dos grupos refletiu significativamente no rendimento acadêmico dos alunos visto que 100% deles apresentaram rendimento  $\geq 7,0$ , sendo 87,5% destes com média superior a oito ( $> 8,0$ ).

Nesse estudo foram constatados vários fatores que limitaram de algum modo a obtenção de maiores benefícios da aplicação da metodologia baseada em problemas-PBL no ensino remoto, tais como: o número reduzido de participantes na pesquisa é um fator limitador na obtenção de um maior número de indicadores de engajamentos, acesso à internet, falta de dispositivos para acessar as aulas síncronas e assíncronas, domínio das ferramentas tecnológicas colaborativas dificultaram maiores discussões entre alunos, alunos e professores no ambiente virtual. O desconhecimento do método PBL pelos alunos também contribuiu para que eles levassem mais tempo para se adaptar a proposta de intervenção.

Embora tenha havido uma limitação na obtenção de todos os benefícios que o método proporciona se tivesse sido aplicado em um contexto presencial, verificou-se que o número de indicadores de engajamento comportamental, emocional e cognitivo foi superior ao de desengajamento. Os resultados mostraram que o método PBL tem potencial para promover o engajamento, por ser prático e por reunir no mesmo ciclo de aprendizagem elementos do contexto capazes de modificar positivamente o engajamento dos alunos, por exemplo, suporte do professor aos estudantes em todas as etapas, atividades bem estruturadas do ponto de vista de uma lógica conceitual, permite maior interação entre alunos, ambiente de aprendizagem adequando. Além disso, o formato de implantação da metodologia em momentos estratégicos da disciplina possibilitou a alunos e docentes uma transição menos traumática e gradativa de um método para outro.

Acredita-se que a forma como foi implantada a metodologia gerou o engajamento esperado nas aulas de química no ensino remoto. Diante disso, esse estudo pode trazer informações importantes para que novos trabalhos voltados para a melhora na aceitação quanto à implementação de outras metodologias ativas de

maneira gradativa e eficiente, como também para promoção do engajamento dos alunos nas aulas síncronas e assíncronas. Além disso, o entendimento do conceito de engajamento comportamental, emocional e cognitivo, bem como saber reconhecer os elementos que caracterizam esse constructo possibilitam ao professor tomar decisões pedagógicas assertivas quanto ao uso de estratégias de aprendizagem na sala de aula, a depender de cada contexto.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Enedina Gonçalves; BATISTA, Nildo Alves. Desempenho docente no contexto PBL: essência para aprendizagem e formação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 37, p. 192-201, 2013.

AZER, Samy A., et al. Doze dicas para construir casos de aprendizagem baseados em problemas. **Professor de medicina**, 34,5: 361-367, 2012.

ASPEÉ, Juan E.; GONZÁLEZ, José A.; CAVIERES-FERNÁNDEZ, Eduardo A. El compromiso estudiantil en educación superior como agencia compleja. **Formación universitaria**, v. 11, n. 4, p. 95-108, 2018.

BAÑOS, James H.; NOAH, Jason P.; HARADA, Caroline N. Preditores do engajamento estudantil em comunidades de aprendizagem. **Revista de Educação Médica e Desenvolvimento Curricular**, v. 6, p. 2382120519840330, 2019.

BERGDAHL, Nina et al. Engajamento, desengajamento e desempenho ao aprender com tecnologias no ensino médio. **Computadores e Educação**, v. 149, p. 103783, 2020.

Bond, M. Facilitando o envolvimento do aluno por meio da abordagem de aprendizagem invertida no K-12: uma revisão sistemática. **Computers & Education**, 151, 103819, 2020.

BOROCHOVICIUS, Eli; TORTELLA, Jussara Cristina Barboza. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 83, p. 263-293, 2014.

BLASS, Leandro; IRALA, Valesca Brasil. O uso da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) como metodologia de ensino em aulas de Cálculo Numérico. **Revista de educação matemática**, v. 17, p. e020035-e020035, 2020.

CARVALHO, Carla Joana. **O Ensino e a Aprendizagem das Ciências Naturais através da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: um estudo com alunos de 9º ano, centrado no tema Sistema Digestivo**. 2009. Tese de Doutorado.

DE CARA, Glaucio Roberto Bernardo et al. ENGAJAMENTO DO ESTUDANTE: implicações para a avaliação no contexto universitário brasileiro. **InterSciencePlace**, v. 17, n. 5, 2022.

DE FARIAS, Raí Mendes; RIBEIRO, Tiago Nery. ENGAJAMENTO ACADÊMICO: UMA INVESTIGAÇÃO COM DISCENTES DO CURSO DE FÍSICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS INOVADORAS NO ESTÁGIO SUPERVISIONADO. **Revista do Professor de Física**, v. 6, n. Especial, p. 17-26, 2022.

DETTMERS, Swantje et al. Emoções dos alunos durante o dever de casa de matemática: Testando um modelo teórico de antecedentes e resultados de desempenho. **Psicologia educacional contemporânea**, v. 36, n. 1, pág. 25-35, 2011.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

RONDINI, Carina Alexandra et al. Pandemia do covid-19 e o ensino remoto emergencial: mudanças na práxis docente. **Educação**, v. 10, n. 1, p. 41-57, 2020.

ESPINOSA, Tobias. Reflexões sobre o engajamento de estudantes no Ensino Remoto Emergencial. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, 2021.

FARIA, Alexandre F.; VAZ, Arnaldo M. Engajamento de estudantes em investigação escolar sobre circuitos elétricos simples. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 21, 2019.

FERREIRA, A. L. **PBL no Ensino Médio Técnico: um estudo de caso na disciplina de Prática de Laboratório de Programação**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino de Ciências, da Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo.

PAULA, Helder de Figueiredo et al. Engajamento de estudantes em um Ensino Remoto e Emergencial de Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, 2021.

GARCIA, Izabela Melo et al. Percepção do discente de enfermagem na construção do seu conhecimento no contexto da metodologia ativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 11, n. 2, p. e127-e127, 2019.

KHLAIF, Zuheir N.; SALHA, Soheil; KOURAICHI, Bochra. Aprendizagem remota de emergência durante a crise do COVID-19: envolvimento dos alunos. **Educação e tecnologias de informação**, v. 26, n. 6, pág. 7033-7055, 2021.

LOPES, Renato Matos et al. Características gerais da aprendizagem baseada em problemas. **LOPES, Renato Matos; FILHO, Moacelio Veranio; ALVES, Neila Guimarães (org.). Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores. Rio de Janeiro: Publiki, p. 45-72, 2019.**

MACIEL, Marcela de Araújo Cavalcanti et al. Os desafios do uso de metodologias ativas no ensino remoto durante a pandemia do Covid-19 em um curso superior de enfermagem: um relato de experiência. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98489-98504, 2020.

HUNG, Woei et al. Aprendizagem baseada em problemas. **Manual de pesquisa em comunicação e tecnologia educacional**, v. 1, pág. 485-506, 2008.

LIMA, Ana Carolina Bezerra de; SANTOS, Danielle Christine Moura dos. Estratégias de aprendizagem de estudantes de graduação em Enfermagem durante a pandemia da COVID-19. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 76, p. e20220764, 2023.

MARTINS, Letícia Martins de; RIBEIRO, José Luis Duarte. Proposta de um modelo de avaliação do nível de engajamento do estudante da modalidade a distância. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 24, n. 1, p. 8-25, 2019.

MATTAR, João; AGUIAR, Andrea Pisan Soares. Metodologias ativas: Aprendizagem Baseada em Problemas, problematização e método do caso. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, v. 11, n. 3, p. 404-415, 2018.

MESQUITA, Simone Karine da Costa; MENESES, Rejane Millions Viana; RAMOS, Déborah Karollyne Ribeiro. Metodologias ativas de ensino/aprendizagem: dificuldades de docentes de um curso de enfermagem. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 14, p. 473-486, 2016.

MOREIRA, Jonathan Rosa; RIBEIRO, Jefferson Bruno Pereira. Prática pedagógica baseada em metodologia ativa: aprendizagem sob a perspectiva do letramento informacional para o ensino na educação profissional. **Outras palavras**, v. 12, n. 2, 2016.

MOREIRA, J. António; HENRIQUES, Susana; BARROS, Daniela Melaré Vieira. Transitando de um ensino remoto emergencial para uma educação digital em rede, em tempos de pandemia. **Dialogia**, p. 351-364, 2020.

MATTAR, João; AGUIAR, Andrea Pisan Soares. Metodologias ativas: Aprendizagem Baseada em Problemas, problematização e método do caso. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, v. 11, n. 3, p. 404-415, 2018.

PESSOA, Camila Soares de Oliveira; HOLANDA, Simone Cristina de; FALBO, Ana Rodrigues. Funções no grupo tutorial na aprendizagem baseada em problemas: significados atribuídos por estudantes. 2020.

RIBEIRO, Roberto Portes; VIANA, Adriana Backx Noronha. Estruturação do PBL para Aplicação em Disciplinas do Curso de Graduação em Administração. **Revista de Graduação USP**, v. 3, n. 1, p. 39-47, 2018.

SILVA, Alexsandra de Santana Soares; RIBEIRO, Marinalva Lopes. Engajamento estudantil na educação superior. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 50-63, 2020.

SOUZA, Samir Cristino; DOURADO, Luís Gonzaga Pereira. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. 2015.

TONI, Anderson; DE ARAÚJO, Rosane Cardoso. Engajamento dos estudantes: uma revisão de fundamentações para práticas educativas e suas aproximações com a educação musical. **Educação**, p. e18/1-29, 2023.

TORRES, Patrícia Lupion; IRALA, Esrom Adriano F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento. Curitiba: **Senar**, p. 61-93, 2014.

XAVIER, Laudicéia Noronha et al. Analisando as metodologias ativas na formação dos profissionais de saúde: uma revisão integrativa. **SANARE-Revista de Políticas Públicas**, v. 13, n. 1, 2014.

## APÊNDICE A- Por que as células voltaicas vazam?

Atualmente, existem uma diversidade de aparelhos e equipamentos, como brinquedos, rádios, lanternas, relógios, controle remoto, marca-passos cardíacos, calculadoras entre outros que funcionam à base de eletricidade gerada por células voltaicas ou pilhas. Assim, desde 1800 quando foi construída a primeira pilha elétrica por Alessandro Volta até os dias atuais, o princípio de funcionamento destes dispositivos continua o mesmo, ou seja, por meio de reações de oxirredução é produzida corrente elétrica a qual é aproveitada para funcionar alguns equipamentos. Desse modo, em 1866 Georges Leclanché construiu a pilha seca que a diferenciava das demais pelo tipo de eletrólito que o empregava, como também pelas as várias aplicações em aparelhos portáteis. Contudo, mesmo diante de inúmeras vantagens, essas células merecem destaque quanto a alguns problemas que apresentam: durante o processo de descarga, o fluxo de elétrons na grafita pode ser prejudicado levando a pilha a parar de funcionar, como também é possível ocorrer vazamento, representando sérios riscos ao meio ambiente devido aos metais pesados presentes na sua composição. Essas substâncias tóxicas, não biodegradável, contaminam o solo, lençóis freáticos, rios e quando entram na cadeia alimentar se acumulam no organismo dos seres humanos causando diversas doenças, como insuficiência renal crônica, anemia, mal de Alzheimer, Parkinson etc. Desse modo, em grupo vocês irão investigar as possíveis causas que levam as pilhas a interromper seu funcionamento mesmo antes de se esgotar completamente a carga e ao possível vazamento. Além disso, irão propor um plano de ação para prevenir, mitigar e remediar esses problemas.



Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE B- Por que as baterias degradam?

As baterias de chumbo ácido também conhecidas como chumbo/óxido de chumbo são sistemas eletroquímicos secundários. Elas possuem diversas aplicações no cotidiano, sendo responsáveis por manter em funcionamento, em caso de queda de fornecimento de eletricidade, equipamentos como nobreak, usadas em automóveis, empilhadeiras, tracionamento de alguns motores elétricos etc. As baterias são compostas de várias pilhas em paralelo (dependendo do modelo) para fornecer maior corrente elétrica ou em série gerando maiores tensões. Assim, cada célula que compõem esses sistemas eletroquímicos são constituídos por um par de eletrodos, conhecidos como anodo de chumbo e um catodo de oxido de chumbo poroso imersos em uma solução eletrolítica de ácido sulfúrico que geram um potencial de cerca de 2 volts. Assim, com o fornecimento de energia elétrica é possível reverter as reações químicas que constituem as baterias, processo conhecido como eletrólise, promovendo a reconstrução dos eletrodos para que seja reiniciado um novo ciclo de descarga. Contudo, durante a eletrólise ocorrem algumas reações paralelas indesejadas, produzindo gases nas placas positivas e negativas. Desse modo, a vida útil e o desempenho das baterias chumbo ácido têm sido reduzidos nos últimos anos, devido ao aumento de falhas precoces causadas pela degradação dessas células. Nesse sentido, você e seu grupo irão propor um de plano de ação para investigar as causas, os meios de como prevenir e remediar esses problemas.





Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE C- Por que os bebedouros desgastam?

O ferro é um metal com larga aplicabilidade em materiais presentes no nosso cotidiano, desde utensílios domésticos à aplicação na indústria automobilística. Assim, poderá ser encontrado na forma pura ou em ligas metálicas, como é caso do aço. Desse modo, muitos materiais que contêm esse metal, quando expostos à ambientes úmidos e em contato com agentes oxidantes, como o oxigênio, sofrem oxidação, processo comumente conhecido como corrosão, tendo como produto a ferrugem. Assim, os problemas decorrentes da oxidação indesejada são frequentes no cotidiano, estando presentes em diversas atividades industriais: petrolífera, química, petroquímica, naval, construção civil, na medicina, ortopedia, transportes, como também em portões, mesas, cadeiras, janelas, portas, corrimão, eletrodomésticos, e em especial os bebedouros. Assim, as consequências desse fenômeno são diversas: paralisações acidentais, vazamento de gás, gasolina, petróleo, soluções tóxicas, perdas de eficiência de equipamentos, contaminação da água com metais pesados, poluição, morte de pessoas etc. Estima-se que mais de 30% de todo aço produzido mundialmente seja usado para reposição de peças em equipamentos, instalações ou objetos deteriorados pela corrosão. Nesse sentido, vocês irão investigar as causas, montar um plano de ação para prevenir, mitigar e remediar os problemas de corrosão nos bebedouros.



Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE D-Modelo de relatório de progressão parcial

<b>RELATÓRIO PARCIAL</b>			
Defina o problema:			
Com relação ao problema		Com relação ao grupo	
Hipóteses	Fatos	Questões de pesquisa	Estratégia de pesquisa
Levante as possíveis causas do problema.	Procure, no problema, evidências para suas hipóteses.	Registre conceitos químicos relevantes para dar solução ao problema.	Planeje como o grupo irá buscar os conceitos (quem, como, o que, quando).
Líder:	Redator:	Porta-voz	Membro(s):

Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE E-Modelo de relatório de progressão final

<b>RELATÓRIO DE PROGRESSÃO (FINAL)</b>			
Defina o problema:			
Questões de pesquisa	Estratégia de pesquisa	Descreva as possíveis soluções para os problemas	Aponte as implicações éticas para cada solução
Líder:	Redator:	Porta-voz	Membro(s):

Fonte: Autoria própria.

## APÊNDICE F-Relatório de progressão parcial 1º CA-PBL (Grupo A)

### 1.Hipóteses

Desprendimento de gás hidrogênio nas pilhas primárias;

O uso de pilhas novas com pilhas velhas;

Oscilações de temperatura nas pilhas;

Armazenamento inapropriado das pilhas;

Manuseio indevido das pilhas na remoção de capas envoltórias.

### 2.Fatos

O pó de zinco é utilizado como o anodo das pilhas alcalinas de zinco-dióxido de manganês. O zinco tem um potencial de redox mais negativo que o hidrogênio e assim pode promover o desprendimento do gás hidrogênio;

Pilhas usadas não tem mais a tensão correta, com a descarga por exemplo uma pilha de 1,5V, vai cair para valores mais baixos como 1,2V e os aparelhos vão parar de funcionar pelo fato da tensão estar baixa ou a pilha não ter mais capacidade de fornecer a corrente necessária, que vai fazer com que a tensão caia ainda mais;

A faixa de temperatura ótima de operação é de 20 a 40 °C. Fora desta faixa de temperatura o desempenho se deteriora marcadamente;

É necessário evitar guardar pilhas em locais expostos à luz solar direta, altas temperaturas ou grande umidade. Ao invés disso, é recomendado um local fresco, seco e limpo. A temperatura ideal para a maioria das pilhas é entre 10 °C e 25 °C;

Remover a capa facilita a ocorrência de oxidação ou de uma reação entre os componentes internos. Em ambos os casos, a pressão interna aumenta e a pilha fica mais suscetível a se romper.

Pilhas primárias são aquelas descartáveis e não carregáveis;

A pilha seca de Leclanché é conhecida como pilha ácida, pois ela possui um envoltório de zinco (que é o ânodo da pilha) e uma barra de grafita (cátodo) envolvida por uma pasta que contém várias espécies químicas, que funciona como a ponte salina;

Pilhas alcalinas possuem uma única diferença em relação à pilha ácida, no lugar do cloreto de amônio, usa-se uma base forte, que geralmente é o hidróxido de potássio

(KOH) ou o hidróxido de sódio (NaOH).

Reação de oxidorredução é aquela em que há transferência de elétrons; com isso uma espécie química ganha elétrons e simultaneamente outra espécie química perde elétrons.

O Agente Redutor é uma substância que pode dar elétrons a outra substância ou diminuir os números de oxidação da outra substância. O redutor é a substância que possui o elemento que se oxida, causando a redução de outro.

O Agente Oxidante é uma substância que pode aceitar elétrons provenientes de outra substância ou aumentar o número de oxidação da outra substância. Oxidante é a substância que possui o elemento que se reduz, causando oxidação de outro.

Eletrólito pode ser definido como uma substância que em solução é capaz de formar íons positivos, os cátions, e íons negativos, os ânions. Dessa forma, quando estão dissolvidos os eletrólitos formam soluções que são condutoras de corrente elétrica, e por isso podem ser considerados condutores de eletricidade.

#### **4.Estratégia de pesquisa**

O grupo A pesquisou por meio da internet, por revistas e artigos científicos as causas que levam as pilhas a interromper seu funcionamento e ao possível vazamento.

## APÊNDICE G-Relatório de progressão parcial 1º CA-PBL (Grupo B)

### 1. Hipóteses

Desprendimento de gases na parte interna da pilha;

Efeito de corrosão que aflige o interior das pilhas;

Uso inapropriado das pilhas;

Durante a reações naturais da pilha comum a formação do gás amônia que aumenta a pressão interna da pilha;

### 2. Fatos

Pelo fato de o zinco ter um potencial de redox mais negativo que o hidrogênio ele ocasionalmente promove o desprendimento do gás hidrogênio, causando o rompimento da pilha;

A corrosão eletroquímica acontece sempre que se têm a presença de cátodo, ânodo e o eletrólito, que geram produtos como óxidos, hidróxidos, sais etc. Esses produtos contêm o metal corroído e podem contribuir para o desgaste de estruturas metálicas.

Ao fazer uso de uma pilha sem os devidos cuidados podem gerar, dentro da pilha reação eletrolíticas indesejadas que podem causar a ruptura da pilha.

Não deixar as pilhas sem o uso dentro dos aparelhos eletrônicos durante um longo tempo, para não ocorrer os chamados os vazamentos. As lentas reações de oxirredução podem atacar ou involucro de zinco do interior da pilha, causando sua ruptura e em consequência o vazamento da corrosiva parte ácida, danificando aparelho eletrônico. Para evitar curto- circuito em pilhas. O que significa um superaquecimento até vazamento. Impeça que as pilhas entrem em contato com objetos de metal, com colares chave, chaves e clipe de papel.

### 3. Questões de pesquisa

Quais reações geram o despedimento do gás e é quais pilhas eles mais acontecem?

Como acontece o efeito de corrosão nas pilhas alcalina e se a presença de uma base interfere?

Que medidas já são tomadas para amenizar ou neutralizar esses efeitos?

Até que ponto o uso prejudicial afeta a durabilidade das pilhas?

A alguma lei sobre o descarte de pilhas e ela está sendo bem da executada?

#### **4. Estratégia de pesquisa**

Os integrantes do grupo B pesquisaram através de artigos na internet e livros bem como, as referências citadas pelo professor no anexo. “Solucionar o vazamento da pilha”, “Corrosão de Pilhas”, foram palavras-chave utilizadas para a pesquisa.

## APÊNDICE H-Relatório de progressão parcial 1º CA-PBL (Grupo C)

### 1. Hipótese

Exposição ao calor ou frio excessivo;

Movimentos brusco, que causam rompimento do invólucro;

Manter guardado sem utilização por muito tempo;

O metal utilizado como envoltório da pilha ser o mesmo do ânodo;

Corrosão do ânodo conforme ocorrem as reações de transferência de elétron;

À medida que a pilha vai fornecendo sua energia a substância do eletrólito vai se desgastando;

Não ocorrer a reação esperada dentro da pilha;

Carregar pilha não recarregável.

### 2. Fatos

É evidente por meio de experimentos que mudanças na temperatura fazem com que o potencial da pilha mude. Assim, dentro da pilha, em um ambiente com temperaturas elevadas, terá reações esperadas e inesperadas ocorrendo de forma mais rápida, que podem levar a romper o invólucro que fecha os sistema;

Danos provocados na pilha podem levar as substâncias, que estão contidas, a entrarem em contato com o ar ambiente e sofrem outros processos reacionais, como por exemplo o cloreto de amônio pode reagir com oxigênio produzir ácidos corrosivos (HCl, HNO<sub>2</sub>);

À medida que a pilha vai fornecendo corrente, a substância do eletrólito vai se desgastando e o zinco que faz parte do anodo é consumido e a corrente vai se tornando disponível.

Chega um determinado momento em que a energia se reduz a tal ponto que a resistência interna da pilha aumenta e a corrente já não pode mais ser fornecida ao circuito externo com a mesma intensidade e então a pilha está em sua fase final de esgotamento. Nesse ponto o metal que compõem o ânodo perde parte de sua massa sólida, o que pode levar a saída dos compostos que estão presentes na pilha;

Na reação redox, o zinco, que compõem o anodo, liberam elétrons que são usados pelo cloreto de amônio para produzir gás amônia e hidrogênio, caso não haja o dióxido de manganês, esses gases seriam liberados. Além disso, pode ter um aumento do gás hidrogênio se recarregar a pilha que não é recarregável.

### 3. Questões de pesquisa

Propriedades Físicas e químicas de metais;

Reações redox;

Corrente elétrica e potencial de célula;

Termodinâmica de pilha;

Equilíbrio eletroquímico;

Pilha de Leclanché;

Pilha Alcalina.

#### **4. Estratégia de pesquisa**

Cada integrante do grupo individualmente irá buscar na bibliografia o que causa o problema proposto, e se esse problema foi resolvido explicar como chegou-se a solução.

O grupo irá reunir-se de modo remoto e cada um repassará as informações obtidas e explicará de modo que todos compreendam o que acontece e como soluciona-se.

Por fim as informações ditas serão digitalizadas em formato de relatório e entregue na sala virtual. Além disso, será feito a apresentação do mesmo aos demais grupos.

## APÊNDICE I-Relatório de progressão final 1º CA-PBL (Grupo A)

### 1. Questões de aprendizagem

Como acontece o desprendimento de gás hidrogênio nas pilhas primárias?

Por que não é recomendado o uso de pilhas novas com pilhas velhas?

O que ocorre quando se tem oscilações de temperatura nas pilhas?

Como se pode armazenar apropriadamente as pilhas?

Quais as consequências do manuseio indevido das pilhas na remoção de capas envoltórias?

### 2. Estratégias usadas na pesquisa

Foi planejado em grupo com o estudo do tema: Causas que levam as pilhas a interromper seu funcionamento e ao possível vazamento. E a partir disso fez-se a problematização do tema, apresentando essas causas, o que ocorre e o que fazer para evitar esses problemas.

A busca ocorreu com base em pesquisas pela internet no Google acadêmico, através de revistas e artigos científicos.

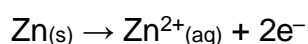
O trabalho foi realizado em grupo, onde cada integrante se pode pesquisar inicialmente e depois compartilhar as problematizações em grupo.

A partir das problematizações, fez-se pesquisas e discussões em grupo para que fosse possível a apresentação das soluções.

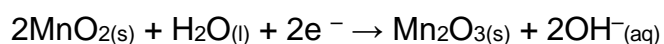
### 3. Descreva as possíveis soluções para os problemas

O pó de zinco é utilizado como o anodo das pilhas alcalinas de zinco-dióxido de manganês. O zinco tem um potencial de redox mais negativo que o hidrogênio e assim pode promover o desprendimento do gás hidrogênio. Como a taxa de desprendimento

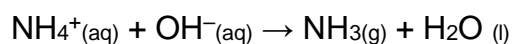
de gás hidrogênio compromete bastante a vida útil das pilhas é, portanto, uma das características críticas do pó de zinco, muitas alternativas técnicas foram encontradas e descritas para baixar o desprendimento de gás (GLAESER, et al, 1998). Uma delas é a utilização de ligas de zinco na fabricação do pó de zinco que suprimem o desprendimento do gás hidrogênio. Por muito tempo, no passado, foi utilizado o mercúrio para esta finalidade com resultados excelentes. Contudo, devido a preocupações ambientais houve a necessidade de substituí-lo por outros elementos, tais como o índio e o bismuto (YAMAKAWA et al, 1991). Ocorre a formação intermediária de espécies estreitamente solúveis, tais como,  $Zn(NH_3)_2Cl_2$  e  $ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2$ , particularmente quando em altas taxas de descarga, e estes sólidos tendem a impedir a difusão iônica necessária para a descarga da pilha. A queda resultante no pH próximo ao anodo de zinco leva a uma corrosão química aumentada, com liberação de hidrogênio (YAMAKAWA et al, 1991). Pilhas usadas não tem mais a tensão correta, com a descarga por exemplo uma pilha de 1,5V, vai cair para valores mais baixos como 1,2V e os aparelhos vão parar de funcionar pelo fato da tensão estar baixa ou a pilha não ter mais capacidade de fornecer a corrente necessária, que vai fazer com que a tensão caia ainda mais; A pilha seca fornece uma tensão que varia entre 1.5V e 1.74V, à temperatura ambiente. É composta por dois eletrodos: o anodo, constituído de zinco metálico que envolve todo o conteúdo da pilha, funcionando como um “recipiente” da pilha e o catodo, um bastão de grafite, localizado no centro da pilha, rodeado por uma mistura de dióxido de manganês e grafite. A pasta úmida (o eletrólito) é constituída de cloreto de amônia, cloreto de zinco e água (TAVARES, 2012). Quando a pilha está em funcionamento, a semi-reação do anodo é:



Os íons  $Zn^{2+}$  passam para a pasta eletrolítica e os elétrons migram do anodo para o catodo, ocorrendo assim a seguinte reação de redução:



Seguida por:



Após um longo período de uso, amônia gasosa formada ao redor do bastão de grafite age como uma camada isolante, o que acarreta em uma drástica redução de voltagem. O recipiente de zinco vai sendo corroído pelo eletrólito, podendo ser perfurado. Caso isso ocorra, haverá vazamento da pasta com eletrólito que além de tóxica, pode danificar o aparelho (TAVARES, 2012).

A faixa de temperatura ótima de operação é de 20 a 40 °C. Fora desta faixa de temperatura o desempenho se deteriora marcadamente;

Descartar pilhas no lixo comum, pode afetar a saúde de seres vivos. Ao ser inalado por humanos através da água ou alimento contaminado, o mercúrio é capaz de causar danos neurológicos, renais, hipertensão, anemia, paralisia e até mesmo déficit de atenção. É necessário evitar guardar pilhas em locais expostos à luz solar direta, altas temperaturas ou grande umidade. Ao invés disso, é recomendado um local fresco, seco e limpo. A temperatura ideal para a maioria das pilhas é entre 10 °C e 25 °C;

Remover a capa facilita a ocorrência de oxidação ou de uma reação entre os componentes internos. Em ambos os casos, a pressão interna aumenta e a pilha fica mais suscetível a se romper. As pilhas usadas jamais devem ser: a) lançadas in natura a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais; b) queimadas a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados; c) lançadas em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, peças ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação (BOCCHI, Nerilso, et al., 2000).

#### **4. Aponte as implicações éticas para cada solução**

A destinação final mais apropriada para essas pilhas usadas são os estabelecimentos que as comercializam, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos. Estes serão responsáveis pelos procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada para as pilhas e baterias coletadas (BOCCHI, Nerilso, et al., 2000).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em sua Resolução Nº 257, de 30 de junho de 1999, considera os impactos negativos causados ao meio ambiente

pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas, bem como a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, resolve, em artigo 1º que:

As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada (CONAMA, 1999).

### **Referências**

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. Química Nova na escola, v. 11, n. 3, 2000.

NOGUEIRA, D. et al. Pilhas e baterias descarte correto e reciclagem. Revista Eletrônica Gestão em Foco. Unisepe, 2011. Disponível em <[http://www.unifia.edu.br/revista\\_eletronica/revistas/gestao\\_foco/artigos/ano2011/gestao\\_foco\\_Pilhas.pdf](http://www.unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2011/gestao_foco_Pilhas.pdf)>, Acesso em 17 de outubro de 2015.

TAKAYAMA FILHO, Tone. Influência da qualidade do pó de zinco na geração de hidrogênio em pilhas alcalinas. 2007.

TAVARES, J. P. M. Pilhas e baterias. Bacharelado em Engenharia Elétrica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Goiás, 2012.

## APÊNDICE J-Relatório de progressão final 1º CA-PBL (Grupo B)

### 1. Questões de aprendizagem

As pilhas alcalinas são compostos de metais pesados, as quais o processo de destinação errada no seu descarte podem trazer danos à saúde humana e ao meio ambiente em contato direto com a natureza por não ser biodegradáveis, sendo assim. Qual estratégia ideal para conscientizar a população a fazer o descarte de forma adequada?

O pó de zinco é utilizado como o anodo das pilhas alcalinas de zinco-dióxido de manganês. O zinco tem um potencial de redox mais negativo que o hidrogênio e assim pode promover o desprendimento do gás hidrogênio. Como a taxa de desprendimento de gás hidrogênio compromete bastante a vida útil das pilhas e/ou baterias e é, portanto, uma das características críticas do pó de zinco. Quais alternativas técnicas podem ser encontradas para baixar o desprendimento de gás?

### 2. Estratégias de pesquisa

O grupo se reuniu e levantou hipóteses das causas do problema, em seguida, buscaram comprovar as hipóteses, por meio de artigos nas bases Scielo, Web of Science e Google Acadêmico. Na busca foram utilizadas palavras chaves tais como “Descarte de Pilhas” e “Corrosão de Pilhas Alcalinas”.

### 3. Possíveis soluções para o problema

No Brasil são produzidos anualmente toneladas de pilha e bateria embora haja legislação específica para o seu descarte a aplicação da logística reversa é pouco praticada algumas instituições privadas possuem políticas de recolhimento, mas falta a participação da população nesse sentido a escola pode apoiar essa causa divulgando conhecimento necessário e realizando ações de educação ambiental quando as missões da escola é promover a educação ambiental. Dessa forma, sensibilizar a comunidade escolar quanto aos danos causados pelo descarte indevido das pilhas e baterias e levá-los a refletir sobre sua responsabilidade contra meio

ambiente. No Brasil anualmente são produzidas toneladas de pilhas e baterias embora seja proibido por lei desde 30 de julho de 1909 pela resolução 257 está com lama e pelo menos até 2008 o Brasil é único país da América do Sul que regulamentou a fabricação, a venda e a destinação final de pilhas e baterias, entre outros. Substituir o zinco por outros elementos, tais como o índio e o bismuto. A estrutura do invólucro de zinco foi melhorada através de adição de elementos de liga que facilitam seu encaixe. Como também a aplicação do mercúrio para aumentar a tensão de desprendimento do hidrogênio no eletro de zinco foi amplamente eliminado de forma gradativa por razões ambientais. A capa de papelão é agora substituída por um invólucro de aço revestido com polímero e um rótulo de filme de poliéster. Esta carcaça exterior de aço é isolada da lata de zinco. A tampa isoladora da pilha é feita de um polímero duro melhor do que de papelão. Estas melhorias reduziram muito a tendência de vazamento do eletrólito das pilhas quando completamente descarregadas, o que costumava ser um problema sério (DELL, 2000). Yano e seus colaboradores (1987) concluíram que: O desprendimento do gás de hidrogênio é suprimido pela combinação da adição de bismuto e modificação com índio pelo processo de revestimento a seco. Esta supressão é atribuída a uma grande sobretensão de hidrogênio devido à formação de uma fase de índio e bismuto e a uma formação reduzida de óxido. Conseqüentemente, considera-se que para a liga Zn-In-Bi preparada pelo processo de revestimento a seco, a supressão de desprendimento do gás hidrogênio é atribuída a um aumento na sobretensão de hidrogênio na superfície do zinco causada pela formação de uma liga de índio-bismuto e um baixo teor de óxido de zinco.

#### **4. Implicações éticas para cada solução**

Instrumentos de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimento e meios destinados a viabilizar a coleta e restituição de resíduos sólidos ao setor empresarial, para o reaproveitamento em seu ciclo ou em outros produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

#### **Referências**

CABRAL, U. A; SCALZER, B. L; VASSOLER, J.; SANTOS, M. C. Uso e descarte de pilhas e baterias: uma campanha para conscientização ambiental, X Congresso

Nacional de Excelência em Gestão, ago. 2014.

DELL, R.M., Batteries – fifty Years of materials development Solid States Ionic, Abingdon, UK, n.134, p. 139-154, 2000.

<http://www.normaslegais.com.br/legislação/lei-12305-2010.htm>> Acesso em: 26 set. 2021

HUOT, J.Y., Boubour, E., Electrochemical Performance of Gelled Zinc Alloy Powders in Alkaline Solutions, Point-Claire, Canada, Journal of Power Sourcers, n.65, p. 81-85, 1997.

SATO, Y., Takahashi, M., Akakura, H., Kobayakawa, K., Chiba, N., Yoshida, K., Journal of Power sources, n.38, p. 317, 1992.

YANO, M., Akai, Y., Kurimura, M., Fujitani, S., Denki Kagaku 65, (1997), 65.

BRASIL, Lei N° 1745, DE SETEMBRO DE 2008, Brasília, DF, Set 2008. Disponível em:<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br.html> acesso em: 26 de set. 2021

BRASIL, Lei N° 12.305, DE AGOSTO DE 2010, Brasília, DF, Ago 2010. Disponível em:

BRASIL, Lei N° 9.177, DE OUTUBRO DE 2017, Brasília. DF, Out 2017. Disponível em:

<http://www.jusbrasil.com.br.html> Acesso em: 26 de set. 2021

## **APÊNDICE K-Relatório de progressão final 1º CA-PBL (Grupo C)**

### **1. Questões de aprendizagem**

Sabendo que uma pilha normalmente sofre vazamento, foi proposto quatro perguntas, sobre o que acontece, para chegar em um solução:

Ocorre corrosão do ânodo conforme as reações de transferências de elétrons acontecem

Entender como a medida que a pilha vai fornecendo sua energia a substância do eletrólito vai se desgastando e para onde vai a amônia (NH<sub>3</sub>) e o hidrogênio antes de vazarem na pilha seca.

Tentar carregar a pilha (não recarregável) com polos invertidos.

### **2. Estratégias usadas na pesquisa**

Para as buscas e soluções dos problemas, quatro etapas foram seguidas: planejamento; busca; e execução (como fizeram e o que fizeram).

#### **Planejamento**

O planejamento iniciou-se com o estudo do tema: Por que as células voltaicas vazam? delimitação do tema, escolhendo quais células voltaicas seriam o objeto de estudo; Problematização do tema, observando-se a exatamente a dificuldade que pretende-se resolver: vazamentos em células voltaicas. O Levantamento de hipóteses também foi feito sobre as possíveis causas dos vazamentos. E por fim, procurou-se solucionar e minimizar os problemas encontrados.

#### **Onde buscaram**

A pesquisa bibliográfica foi feita com bases de dados como Google Acadêmico, periódicos CAPES, Web of Science, ScienceDirect, e Scielo, através da leitura de artigos científicos, livros e handbooks.

#### **Como fizeram**

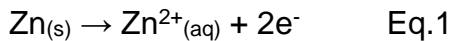
Dividiu-se as questões problemas para cada integrante do grupo, para que estes buscassem através de pesquisas soluções aos mesmos.

### O que fizeram

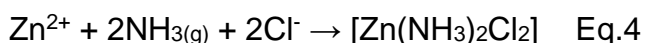
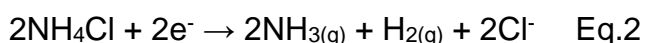
Realizou-se diversas pesquisas, discussão em grupo e o levantamento de hipóteses acerca do tema e o contexto problemático.

### 3. Descreva as possíveis soluções para os problemas

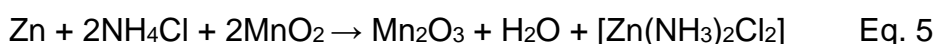
A Pilha de Leclanché ou Pilha seca é formada por um envoltório de zinco separado das demais espécies químicas que compõem a pilha por meio de um papel poroso. Esse zinco corresponde ao polo negativo da pilha, ou ânodo, o qual perde dois elétrons na reação de oxidação, como mostra a Equação 1 (SILVA,2011; BOCCHI, 2000).



No centro da pilha se encontra um bastão de grafite, que é um condutor elétrico, composto por carbonos  $sp^2$ , ou seja, apresenta elétron livre que o confere a característica de ser um bom condutor. Em volta do bastão de grafite se encontra uma pasta eletrolítica, a qual inicialmente era líquida, essa pasta contém o cátodo, onde ocorre a reação de redução, e é composto pelo Cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), Dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ), carvão em pó (SILVA,2011; BOCCHI, 2000). Inicialmente os elétrons doados pelo zinco são recebidos pelo  $\text{NH}_4\text{Cl}$  produzindo dois gases: Hidrogênio e Amônia (Eq.2). O gás hidrogênio irá reagir com  $\text{MnO}_2$  em uma segunda reação de redox e produzirá trióxido de manganês e água (Eq.3). O gás amônia será neutralizado reagindo com o íon zinco, produzido na Eq.1, formando um complexo (Eq. 4) (LINDEN, 1995).

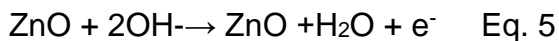


Assim a reação global será dada pela Equação 5.



No entanto, com o passar do tempo o zinco que compõem o anodo irá perder parte de sua massa sólida e permitir que parte dos compostos presentes dentro da pilha saiam para o ambiente externo, e este é o primeiro problema proposto.

Ocorre corrosão do ânodo conforme as reações de transferências de elétrons. Para resolver este problema, inicialmente chega-se à conclusão que é necessário adicionar outros metais ao zinco para que ele possa durar mais tempo, tais como mercúrio, gálio, índio, chumbo, estanho e bismuto. Contudo, ao diminuir sua pureza, diminui também a uniformidade de partículas, aumenta a resistência interna e gera uma baixa densidade de energia. Uma outra solução a que se chegou foi a de adicionar grafite em pó junto ao  $MnO_2$  já que ele iria depositar na placa de zinco conforme ocorre as reações de oxirredução. Além disso, chegou-se a ideia de substituir o Cloreto de amônia por um outro composto básico, no caso o hidróxido de potássio (KOH), que é a substância utilizada nas pilhas alcalinas. A solução de KOH, reage com o zinco produzindo óxido de zinco (ZnO), água e um elétron (Eq. 6) (LINDEN, 1995).



Esse elétron gerado no anodo da pilha alcalina, será consumido pelo  $MnO_2$  para produzir mais hidroxilas e trióxido de manganês, conforme pode ser visto na Equação 6.



O óxido de zinco produzido tem dois caminhos, inicialmente ele retarda a corrosão do ânodo, já que a todo momento que antes estava sendo perdido agora está sendo dissolvido e depositado novamente no anodo. No entanto, com o passar do tempo em que ocorre essa reação irá haver um excesso de óxido de zinco sendo produzido até o ponto em que ele sairá de dentro da pilha (LINDEN, 1995). Entender como a medida que a pilha vai fornecendo sua energia a substância do eletrólito vai se desgastando e para onde vai a amônia ( $NH_3$ ) e o hidrogênio antes de vazar na pilha seca. Como explicado no tópico 3 o gás hidrogênio e amônia produzido são neutralizados com  $MnO_2$  e  $Zn^{2+}$ , respectivamente. Contudo, conforme a reação prossegue parte do dióxido de manganês é totalmente consumido deixando o hidrogênio livre o que leva aumentar a pressão dentro da pilha até que parte desse gás começa a ser liberado reagindo com o meio. Num primeiro olhar seria plausível dizer que aumentar a concentração de  $MnO_2$  seria a solução, no entanto, isso levaria a uma ocupação maior do catodo além de que o dióxido de manganês tem uma baixa condutividade elétrica,

o que leva a necessidade da adição do carbono em pó. Assim, a solução para este problema foi encontrada nas pilhas alcalinas, ao substituir o eletrólito por KOH, já que nas reações não iria mais produzir esses gases (LINDEN, 1995). Tentar carregar a pilha (não recarregável) com polos invertidos. Em uma pilha, as reações de oxidação e redução que acontecem são irreversíveis, assim, não podem ser recarregadas, já que irá forçar o polo positivo a doar o elétrons, levando a um aumento da velocidade da reação de redução do zinco e conseqüentemente um aumento da produção de H e consumo do ânodo. Tendo em vista o problema proposto e o que acontece chega-se a uma simples solução de apenas não tentar recarregar uma pilha seca ou inverter os polos no aparelho em que foi colocada (SILVA, 2011).

#### **4. Aponte as implicações éticas para cada solução**

Dentre todas as soluções propostas, aquela que apresentou uma certa implicação ética foi em relação a corrosão do ânodo, na qual foi proposto adicionar metais ao zinco formando uma amálgama, tais como, mercúrio gálio, índio, chumbo, estanho e bismuto. E segundo o CONOMA a partir de 2009 as pilhas não devem passar de 0,0005% em peso de mercúrio e 0,002% em peso de cádmio e para o chumbo ele em hipótese alguma deve ser adicionado. Com relação ao descarte, os fornecedores devem oferecer pontos de recolhimento e não lançar a céu aberto, em aterro não licenciado, não queimar a céu aberto ou incinerar em instalações e equipamentos não licenciados.

#### **Referências**

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na escola*, v. 11, n. 3, 2000.

LINDEN, David. REDDY, Thomas. *Handbook of batteries*. 3ed; 1995.

SILVA, Bruno Oliveira da et al. Série histórica da composição química de pilhas alcalinas e zinco-carbono fabricadas entre 1991 e 2009. *Química Nova*, v. 34, p. 812-818, 2011.

## APÊNDICE L-Relatório de progressão parcial 2º CA-PBL (Grupo A)

### 1. Possíveis hipóteses

Reações paralelas que acontecem na hora da carga;

Sulfatação irreversível;

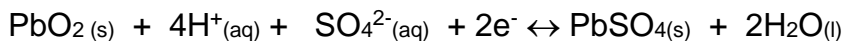
Consumo de água durante o processo de carga; reações paralelas que podem ocasionar a corrosão das placas positivas da bateria;

Expansão da placa positiva (estresse mecânico).

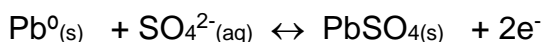
### 2.Fatos

No processo de descarga das baterias chumbo-ácido ocorrem reações reversíveis com a produção de sulfato de chumbo nas placas positivas e negativas. Segundo a Teoria da dupla sulfatação, o produto das semi-reações ocorridas nos eletrodos é o mesmo, isto é, as duas semi-reações geram o sulfato de chumbo, como descritas a seguir.

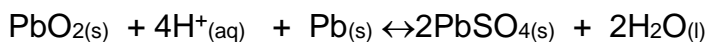
Semi-reação catódica:



Semi-reação anódica:



Reação Global:



Algumas reações indesejáveis podem ocorrer em paralelo durante o processo de carga (sentido inverso das equações (1) a (3), como por exemplo, a eletrolise da água que resulta na evolução dos gases oxigênio e hidrogênio nas placas

### 3. Questões de pesquisa

Compreender o processo sulfatação irreversível; entender as consequências da perda de água; compreender as causas do fenômeno da corrosão que ocorrem na grade positiva, e como a temperatura acelera esse processo.

### 4. Estratégia de pesquisa

O grupo A pesquisou por meio da internet, por revistas e artigos científicos as causas que levam as pilhas a interromper seu funcionamento e ao possível vazamento.

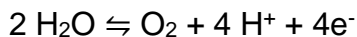
## APÊNDICE M-Relatório de progressão parcial 2º CA-PBL (Grupo B)

### 1. Possíveis hipóteses

As baterias reguladas por válvulas (VRLA) podem perder água se a corrente de carga ou tensão são maiores que o recomendado e não há como repor água. As baterias VRLA geralmente tem máxima descarga menor que baterias tradicionais.

### 2. Fatos

Nas baterias VRLA ocorrem paralelamente algumas reações indesejáveis, como a eletrólise da água:



Que provoca uma evolução de oxigênio e hidrogênio na superfície das placas positivas e negativas respectivamente. A bateria VRLA é muito sensível a variações de voltagem de carga e por isso a tensão de carregamento deve coincidir com a temperatura da bateria.

### 3. Questões de pesquisa

Os ácidos podem de alguma maneira prejudicar a bateria? É possível que a válvula fique entupida? Existem outras maneiras de forçar o ciclo de recombinação do oxigênio? De que forma podemos baratear essas baterias? Como deve ser o descarte correto delas? É possível recuperar algum material da bateria depois de esgotada? Há alguma tecnologia de válvula que possibilite o reabastecimento de água? Alguma modificação anatômica pode ser feita para otimizar o processo?

### 4. Estratégia de pesquisa

Decidimos começar abortando as questões de pesquisa, já que a partir dela podem surgir novas hipóteses e portanto o grupo irá se dividir para responde-las o mais rápido possível, a partir desse momento iremos decidir em uma reunião se iremos colocar novas hipóteses, baseando nas respostas as questões de pesquisa ou na ausência

dessas respostas e então procuraremos as melhores soluções para as hipótese, sendo todos esses processos amparados por artigos científicos conseguidos através da internet.

## APÊNDICE N-Relatório de progressão parcial 2º CA-PBL (Grupo C)

### 1. Possíveis hipóteses

Aumento de temperatura; formação de gases; sofrer pancadas; deixar muito tempo sem uso; descarga profunda; vibrações nas baterias; sujeira (contaminantes); limite de corrente não respeitado; sobrecarga; correntes de carga elevadas; o número de ciclos de carga e descarga a corrosão nos terminais da bateria.

### 2. Fatos

O aumento de temperatura acelera o processo de descarga das baterias. Assim, essas células eletroquímicas são projetadas para operar em ambientes com temperaturas de 25°C; quando a bateria é recarregada, ocorre a reação de eletrólise da água, gerando oxigênio gasoso na superfície da placa positiva e hidrogênio gasoso na superfície da placa negativa; ao sofrer movimentos bruscos, a bateria pode ter um rompimento do lacre e liberar o eletrólito (ácido sulfúrico) ou levar ao contato entre as placas de chumbo; mesmo sem o uso, as reações de descarga continuam acontecendo; a descarga profunda dificulta o recarregamento da bateria, pois, diminui a recombinação do íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) com o íon  $\text{H}^+$ , não restituindo totalmente o ácido sulfúrico. Além de demandar mais tempo e uma corrente contínua para o carregamento. Outro problema que a descarga profunda pode ocasionar é a sulfatação das placas – placas duras; balançar a bateria faz com que toda pasta de chumbo (Pb) saia da grade e se misture com o ácido sulfúrico, gerando um curto circuito. Pode causar também a perda do material ativo que consiste no desprendimento da massa ativa da grade em forma de dióxido e sulfato de chumbo sob forma de finos grãos ou cristais. Essa perda prematura deste material inutiliza a bateria completamente; a sujeira pode gerar um curto circuito, corrosão das grades das placas positivas e a contaminação do eletrólito com agentes estranhos, principalmente sais metálicos e substâncias orgânicas, que aumentam consideravelmente a corrosão das placas e separadores; a alta resistência gera calor dentro da bateria. Assim, essa célula eletroquímica com baixa resistência interna pode manter uma alta corrente quando exigida. Já a bateria com alta resistência interna, ao serem exigidas altas correntes de descarga, atinge sua tensão final rapidamente; uma bateria suporta um número limitado de ciclos e quanto maior for a frequência desses

ciclos, menor será a vida útil. Muitas vezes é um sinal de perda de eletrólito através de ventilação excessiva, muito provavelmente resultado de uma sobrecarga.

### **3. Questões de pesquisa**

Adicionar uma saída de gás nas baterias; Utilizar uma caixa feita de polipropileno de alta resistência a ambientes agressivos; Utilizar regularmente as baterias; Células em formato cilíndrico, com o eletrólito absorvido no separador feito de microfibras; Reações Redox; Influência da temperatura nas reações indesejadas; prevenir os fenômenos da sulfatação e a corrosão da grade, aplicando a carga correta e tensões flutuantes (esse processo acontece durante as reações químicas dentro da bateria. Assim, é liberado o sulfato de chumbo o qual pode formar cristais nas placas de chumbo, danificando a capacidade da mesma de recarregar); o baixo nível de eletrólitos (a solução de ácido sulfúrico) é outro fator responsável pela danificação das placas de chumbo; deixar a bateria semi-carregada ou descarregada durante um tempo prolongado também contribui para a sulfatação das placas;

### **4. Estratégias de pesquisa**

O grupo se reuniu e definiram as tarefas que cada integrante ficaria responsável para executar. Assim, as pesquisas foram realizadas na bibliografia existente (sites, revistas, artigos e livros).

## **APÊNDICE O-Relatório de progressão final 2º CA-PBL (Grupo A)**

### **1. Questões de aprendizagem**

Quais fatores geram a degradação da bateria?

Dentre eles, qual o fator principal da degradação?

A zinabre faz parte dos fatores de degradação da bateria?

### **2. Estratégias de pesquisa**

Planejamos em uma reunião a divisão dos membros para as buscas de determinados assuntos, tais como, expansão da placa positiva, sulfatação etc. Em seguida pesquisou-se em artigos, revistas científicas e sites sobre os temas.

### **3. Soluções para os problemas**

De acordo com Buzzá (2018) uma das possíveis soluções para o problema da degradação das baterias é não deixar descarregada por um longo período, fazer recarga completa, pode ser uma medida a ser tomada, pois caso contrário, pode ocorrer a sulfatação, a qual é um fenômeno onde os íons sulfato, que são derivados do ácido sulfúrico, na reação de descarga da bateria tracionaria, formam cristais nas placas que prejudicam o funcionamento da bateria e ocasionam também, a corrosão dos terminais. Os íons sulfatos no processo de sulfatação, formam nos terminais da bateria um pó branco, que prejudicam a bateria, são causados pelo baixo nível de carga, descarga profunda, sobrecargas, adição de excesso de ácido sulfúrico ou eletrólito, adição de água no momento importuno, contaminação da água, altas temperaturas, causando aceleração da sulfatação. A sulfatação inibe a carga da bateria causando falha mecânica e expansão das placas. A dessulfatação, pode ser uma alternativa, ela é a recuperação do sulfato cristalizado, por meio de um dessulfatador. Esse dessulfatador aplica uma tensão, pulso de tensão e frequência elevada na bateria, fazendo isso, o cristal é excitado, e consegue realizar a reação inversa, passando de sulfato de chumbo a dióxido de chumbo (BUZZÁ, 2018; CARDOSO, 2005).

#### **4. Implicações éticas**

A Resolução Conama nº 401, de 4 de novembro de 2008 propõe a redução da quantidade de metais pesados em pilhas, baterias e produtos que as contenham com a diminuição dos teores de chumbo, de cádmio e de mercúrio; assim, ao serem descartados, apresentarão menor risco à saúde humana e ao meio ambiente. A substituição do Chumbo pelo Lítio, diminui o uso de materiais pesados.

#### **Referências**

BUZZÁ, Andre. Análise de Desempenho de Sistemas de Armazenamento em Aplicações de Sistemas de Potência. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

CARDOSO, P. E. R. Estudo da correlação de parâmetros elétricos terminais com características de desempenho em baterias. Dissertação (Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005

## **APÊNDICE P-Relatório de progressão final 2º CA-PBL (Grupo B)**

### **1. Questões de aprendizagem**

- 1-Os ácidos podem de alguma maneira prejudicar a bateria? 2-De que forma podemos baratear essas baterias?
- 3- É possível que a válvula das baterias VRLA fiquem entupidas?
- 4- Existem outras maneiras de forçar o ciclo de recombinação do oxigênio? 5- Como deve ser o descarte correto delas?
- 6- É possível recuperar algum material da bateria depois de esgotada?
- 7- Há alguma tecnologia de válvula que possibilite o reabastecimento de água?
- 8-Alguma modificação anatômica pode ser feita para otimizar o processo?

### **2. Estratégias de pesquisa**

O grupo se dividiu e pesquisou em diversos sites e artigos na internet para entender o funcionamento das baterias de chumbo ácido, com o objetivo de aprender mais sobre elas e as diversas soluções propostas por pesquisadores e sobre seus problemas. Desse modo montando um artigo bibliográfico descritivo sobre o que foi encontrado entorno das questões de aprendizagem.

### **3. Possíveis soluções para os problemas**

Existem vários fatores que prejudicam a vida útil das pilhas e para a maioria deles as soluções sugeridas são, o controle de qualidade da bateria no sentido regular a bateria de acordo com os limites de segurança durante sua produção, fazer manutenção regular da bateria afim de evitar acúmulo de “zinabre”, que é uma espécie de ferrugem esverdeada gerada pela oxidação da migração do ácido sulfúrico que dificulta a passagem de eletricidade, e esse problema geralmente é causado pela falta de uso das baterias por longos períodos, altas descargas elétricas e temperaturas acima do normal (LAM et al, 2010; LUCZKIEVICZ, 2011). Dentro das pesquisas atuais a melhor forma de baratear as baterias seria mudar totalmente o seu funcionamento, uma vez que essa é uma área muito trabalhada no mundo a fora um exemplo disso é a inovação feita em carros elétricos com a substituição de baterias de íons de sódio, que diminuiu muito o custo total de carros elétricos (MICHAEL, 2012). As baterias

automotivas, precisam seguir o procedimento correto de descarte, descrito pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) em 1999, a Resolução 257, que disciplina o gerenciamento ambientalmente adequado de baterias esgotadas, sobre coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final. Segundo o órgão, as baterias, após o seu esgotamento energético, devem ser entregues pelos clientes ou usuários ao fabricante ou distribuidor para que seja realizado o descarte seguro e ecologicamente correto. Isso é o que garante que os materiais pesados como metais e ácidos não contaminem aterros, rios e afluentes, e o lixo urbano. Também garante que o material recuperado seja utilizado na produção de novos bens de consumo. No caso das Baterias Moura, você encontra Unidades Autorizadas que recebem as baterias inservíveis. Elas são armazenadas em local adequado e enviadas por uma transportadora licenciada à fábrica em sua unidade recicladora. Estima-se que 99% do chumbo comercializado no Brasil é destinado a produção de baterias automotivas, mas, no país existe somente uma jazida de chumbo que obviamente não é suficiente para a demanda necessária, aumentando as exportações desse metal. Segundo a Battery Council International leva também o Brasil a recuperar 98% das baterias fabricadas, tornando-o um dos maiores recuperadores desse produto, sendo as baterias Chumbo-Ácido possuindo de 60% a 80% de chumbo reciclado. Existem três métodos mais famosos de recuperação do chumbo, o processo de fusão alcalina, o eletrohidrometalúrgico e o pirometalúrgicos que é o mais utilizado hoje em dia, porém possui a desvantagem da emissão de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e de partículas de chumbo para o meio ambiente, gerando também até 25% de escória e resíduos da quantidade de chumbo produzida, dificultando o sistema de tratamento e disposição final desta linha de produção. O processo de fusão alcalina consiste em se juntar soda cáustica fundida, enxofre e compostos de chumbo num reator a uma temperatura entre 600 °C e 700 °C. Como um resultado chumbo metálico é obtido juntamente com sais fundidos de sódio, sulfetos metálicos e borra. O fundido é processado, resultando em borra, sulfetos metálicos, soda cáustica e enxofre. O processo eletrohidrometalúrgico consiste em reduzir o tamanho das partículas dos compostos de chumbo e lixiviar os mesmos com uma solução ácida de fluoborato férrico. Neste ponto, o chumbo é dissolvido com os íons férricos sendo reduzidos a íons ferrosos. A solução resultante da lixiviação é bombeada para os compartimentos catódicos de uma célula eletrolítica de diafragma nos quais o chumbo metálico é depositado em catodos de aço inoxidável numa forma compacta e pura. A solução que é empobrecida

em íons  $Pb^{2+}$  é então enviada aos compartimentos anódicos da mesma célula onde, nas superfícies de anodos ocorre a oxidação dos íons ferrosos a férricos, que retornam ao estágio de lixiviação. Ambos os processos permitem a recuperação de metais como antimônio, estanho, enxofre e prata, que em processo convencional são perdidos na escória. Esses novos processos são ambientalmente corretos sem poluições severas de Pb e  $SO_2$ . O chumbo metálico obtido é mais puro que aquele do processo convencional. A bateria atualmente, possui um tamanho otimizado anatomicamente e mesmo que existisse uma forma geométrica melhor seria inviável a mudança já que seu formato já é consolidado. Entretanto, existe algumas mudanças nas proporções nas baterias já que uma bateria automotiva não serve para qualquer carro, pois cada automóvel possui uma voltagem, amperagem e tamanho diferente, caso for conectada uma bateria incompatível, isso irá causar danos no veículo. Existem 5 tamanhos de bateria automotiva, uma específica para cada carro. A primeira é a 24/24F, usada nos veículos citadinos, que são os carros pequenos. O segundo é o 34/78, onde serve em veículos automotivos de grande porte. Em terceiro temos o 35, que serve para carros esportivos. Em seguida há o 65, também utilizada em veículos grandes. Por último, o tipo 75, que são baterias usadas em compactos ou linha média.

Em um exemplo mais específico temos as baterias Mouras já que o modelo M50JD/JE é diferente do modelo M48FD/FE, pois enquanto a primeira possui 23,8 cm de altura x 13,0 cm de largura x 22,6 cm de altura, 14,5 Kg, 12 V e 50 Ah a outra bateria tem 21,0 cm de altura x 17,5 cm de largura x 17,5 cm de altura, 11,7 Kg, 12 V e 48 Ah. Isso tem relação com o veículo que serve para a bateria, o modelo M50JD/JE é compatível com um Honda Civic, enquanto o modelo M48FD/FE é compatível com um Ford Ka. Todas essas informações podem ser encontradas no site oficial das baterias Moura.

## Referências

Cais Baterias. Existe diferença no tamanho de uma bateria automotiva? Disponível em: <https://caisbaterias.com.br/existe-diferenca-no-tamanho-de-uma-bateria-automotiva/>. Acesso em: 18 de out. de 2021.

CHACÓN-SANHUEZ, A. E.; FONTANETTI, A. R. Novos processos de reciclagem de chumbo. Revista Matéria. v. 12. p. 146. 2006.

LAM, L.T et al. Influence of residual elements in lead on oxygen- and hydrogen-gassing rates of lead-acid batteries. *Journal of Power Sources*. v. 195. p. 4494–4512. 2010.

LUCZKIEWICZ, F. R. G. Determinação do estado de saúde da bateria chumbo-ácido. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada). UNICENTRO, Guarapuava, 2011.

OLIVEIRA, A. G. C. Avaliação da influência de íons metálicos sobre o potencial de evolução do hidrogênio utilizando soluções recicladas de baterias automotivas. *Anais III CONAPESC*. Campina Grande, 2018.

SLATER, M. D; KIM, D; LEE, E; JOHNSON, C. S. Sodium-Ion Batteries. *Advanced Functional Materials*, v.23. p.947–958. 2012.

## **APÊNDICE Q-Relatório de progressão final 2º CA-PBL (Grupo C)**

### **1. Questões de aprendizagem**

Sabendo que uma bateria normalmente degrada, foram propostas quatro perguntas, sobre o que acontece, para chegar em uma solução:

Utilizar células em formato cilíndrico com o eletrólito absorvido no separador feito de microfibras

Como a temperatura influencia na degradação da bateria?

### **2. Estratégias usadas na pesquisa**

Para as buscas e soluções dos problemas, três etapas foram seguidas: planejamento; busca; e execução (como fizeram e o que fizeram).

#### **2.1 Planejamento**

O planejamento iniciou-se com o estudo do tema: Por que as bactérias se degradam? Delimitação do tema, escolhendo as principais causas que ocasionam a degradação da bateria, seriam o objeto de estudo; Problematização do tema, observando-se existe exatamente a dificuldade que se pretende resolver: degradação de baterias. O Levantamento de hipóteses também foi feito sobre as possíveis causas da degradação. E por fim, procurou-se solucionar e minimizar os problemas encontrados.

#### **2.2 Onde buscaram**

A pesquisa bibliográfica foi feita com bases de dados como Google Acadêmico, periódicos CAPES, Web of Science, através da leitura de artigos científicos, livros e sites.

#### **2.3 Como fizeram**

Dividiu-se as questões problemas para cada integrante do grupo, para que estes buscassem através de pesquisas soluções aos mesmos.

#### **2.4 O que fizeram**

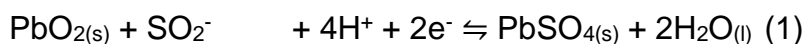
Realizou-se diversas pesquisas, reuniões, discussão em grupo e o levantamento de hipóteses acerca do tema e o contexto problemático

### **3. Descreva as possíveis soluções para os problemas**

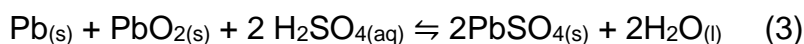
#### **3.1 Reações Redox**

Na bateria chumbo-ácido tem-se uma célula composta por uma placa de amálgama de chumbo esponjoso que corresponde ao cátodo e ânodo feito de peróxido de

chumbo submerso em uma solução aquosa de ácido sulfúrico, que é o eletrólito. Assim, na reação de redução é produzido o sulfato de chumbo sólido mais água líquida a partir do dióxido de chumbo, sulfato e 2 elétrons, Equação 1. Já na reação de oxidação a formação do sulfato de chumbo é apenas pelo chumbo sólido como pode ser visto na Equação 2.



Dessa forma, a reação global (Equação 3) é dada como a reação de descarga da célula, além disso, quando ocorre a reação inversa tem-se o processo de recarga.



### 3.2 Potencial

Gera um potencial de 2,04 V em condições padrões. E na bateria de chumbo ácido vendida comercialmente tem potencial de 12V.

### 3.3 Temperatura

O aumento da temperatura é um dos fatores que leva à aceleração da autodescarga, se esse aumento for numa variação de 10°C para acima do padrão (25°C). Uma forma de solucionar esse problema seria revestir a bateria com um material que permita ter uma transferência de calor da vizinhança para o sistema apenas o suficiente para manter a temperatura ideal.

### 3.4 Utilizar uma caixa feita de polipropileno de alta resistência a ambientes agressivos

Polipropileno é um polímero ou plástico derivado do propeno ou propileno, obtido por meio de polimerização do gás propeno e pode ser alterado usando o aquecimento, já que é um termoplástico. É considerado uma resina de baixa densidade, o qual oferece uma grande possibilidade de uso por causa de suas propriedades térmicas, químicas e elétricas acompanhadas de resistência moderada que podem ser melhoradas através de reforços de fibras de vidro. Entre suas propriedades químicas está a resistência a soluções aquosas de sais inorgânicos ou ácidos e bases minerais mesmo em altas temperaturas. E entre suas propriedades térmicas está boa estabilidade térmica, o que seria uma boa solução para o problema em evitar um aumento da temperatura muito acima do esperado.

### 3.5 Células em formato cilíndrico com o eletrólito absorvido no separador feito

## de microfibra

É possível notar que ambos os agentes oxidantes e redutores são sólidos e portanto não há necessidade de uma ponte salina para separá-los, o que leva a obtenção de altas correntes elétricas, já que a resistência interna da célula será menor. Uma outra forma de colocar o eletrólito na bateria seria absorvido no separador, que consiste em uma rede de microfibras composta por 85% de vidro boro silicato e 15% de fibras formadas por polímeros. Além disso, é capaz de absorver todo o ácido necessário para que ocorra a reação, permitindo a passagem do oxigênio entre as placas, pois 95% dos poros são preenchidos por ácido e 5% formam canais de gás onde flui o oxigênio. Essas baterias são conhecidas como AGM (Absorbed Glass Mat). Está surgindo também baterias em que a célula tem formato cilíndrico o que aumenta a área superficial o que permite ter o dobro da energia de baterias comuns, com recarga três vezes mais rápida e tensão muito mais alta e constante durante o ciclo de descarga, além de serem mais resistentes a movimentos bruscos.

### 3.6 Adicionar saída de gases

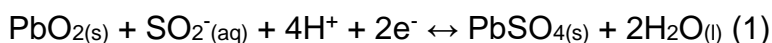
Durante os processos de carga são liberados gases como Hidrogênio e Oxigênio, caso esses gases produzidos fiquem comprimidos dentro da bateria ou entrem em contato com uma faísca pode causar uma explosão. Assim surge como solução um supressor de chamas e gases, um dispositivo de segurança para liberação dos gases e inibição quanto ao acesso de faíscas e chamas para o interior da bateria.

### 3.7 Prevenir sulfatação e corrosão

Evitar o baixo nível de carga, sobrecarga, sulfatação das placas da bateria ou descarga profunda previne a sulfatação das placas.

Observando as reações espontâneas (1 e 2) abaixo:

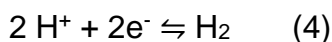
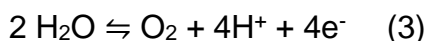
Placa positiva (+): REDUÇÃO



Placa negativa (-): OXIDAÇÃO



O acúmulo de sulfatação ocorre quando um acúmulo de enxofre se acumula nas placas de chumbo funcionando como isolante no processo de carga das baterias. Isso pode causar corrosão e interromper o fluxo de corrente elétrica para a bateria. Quando a bateria chumbo-ácida é submetida a um processo de carga, da reação de transformação dos sulfatos de chumbo em chumbo e peróxido de chumbo ocorre paralelamente principalmente no final da carga, outra reação que é conhecida como eletrólise da água, que é a decomposição eletroquímica da água gerando na superfície da placa positiva oxigênio gasoso ( $\text{O}_2$ ) e na placa negativa hidrogênio também na forma gasosa ( $\text{H}_2$ ) (Equações 3 e 4).



A sulfatação pode gerar outro problema: a corrosão nos terminais da placa. Sulfatação: Os sulfatos são sais derivados do ácido sulfúrico. Nas baterias do tipo chumbo-ácido, o eletrólito é uma solução de ácido sulfúrico e os eletrodos placas de chumbo. Em alguns casos, esse sulfato forma nas placas cristais grandes que afetam o funcionamento da bateria pois causa danos as placas por conta dos fios em contato que ocorre quando os vapores de ácido sulfúrico atacam esses materiais. Um excesso de ácido sulfúrico o eletrólito, promove também a acumulação de cristais isolantes (sulfatação). Terminais corroídos dessa forma são denominados “sulfatados”.

### 3.7 O nível de eletrólitos

O excesso de eletrólito na bateria pode ocasionar o aparecimento do zinabre e também concentrações elevadas de eletrólito podem acelerar o processo de autodescarga. O baixo nível de eletrólito diminui o rendimento da reação, ou seja, diminui o fornecimento de corrente elétrica. A criação das baterias seladas, sem o acesso ao eletrólito, o problema da perda de água devido à eletrólise causada nos

momentos de sobrecarga, sendo necessária a adição de água para o funcionamento correto da bateria esse problema foi parcialmente sanado.

O eletrólito é composto por uma solução de ácido sulfúrico diluído em água deionizada com densidade específica no estado de plena carga entre 1260 g.L<sup>-1</sup> e 1300 g.L<sup>-1</sup> com referência a temperatura de 25°C .

### **3.9 Deixar a bateria semi-carregada ou descarregada durante um tempo prolongado**

A bateria de chumbo ácido deve ser guardada selada e com sua carga total. Quando a bateria não é utilizada por um tempo prolongado, ele sofrerá autodescarga por conta do seu esgotamento natural de carga. Uma bateria com apenas 90% de sua capacidade permitirá a sulfatação, usando 10% da química da bateria não reativada pelo ciclo de carga incompleto. A bateria completamente descarregada (descarga profunda) o acúmulo de enxofre nas placas e no fundo da bateria será acelerado diminuindo a vida útil da bateria.

## **4. Aponte as implicações éticas para cada solução**

Dentre as soluções propostas, as que são passível de causar problemas é uso de polipropileno que leva anos para se decompor no meio ambiente e o uso do eletrólito imobilizado em uma microfibras, assim, segundo o Conama o problema seria em relação ao descarte e repasse desses materiais para recicladores sem que seja dispostos em aterros e nem incinerados. Com relação ao eletrólito ele deve ser tratado com produtos básicos para neutralizar e por fim os possíveis metais presentes devem ter como limite: I - mercúrio - 0,005% em peso; e II - cádmio - 0,010% em peso.

### **Referências**

CARNEIRO, Rafael Luiz et al. Aspectos essenciais das baterias chumbo-ácido e princípios físico- químicos e termodinâmicos do seu funcionamento. Revista virtual de química, v. 9, n. 3, p. 889- 911, 2017.

CONAMA, Resolução 401.

LOGIK, Baterias ótima. Disponível em:<http://bateriasoptima.logik.com.br/tecnologia.htm>; acesso em 12 de out de 2021.

## APÊNDICE R- Relatório de progressão parcial 3º CA-PBL (Grupo A)

### 1. Hipóteses

Corrosão Eletrolítica

Corrosão Galvânica

Aeração Diferencial

Influência do meio corrosivo: Atmosférico e pela Água

### 2. Fatos

Os pontos de ferrugem, são pontos onde se encontram parafusos e soldas. Os parafusos são compostos de Ferro e Zinco, e as soldas são formadas de Estanho e Chumbo. O contato desses metais com o oxigênio da atmosfera e a água proveniente dos respingos do próprio bebedouro podem ocasionar esse enferrujamento. Além da aeração diferencial, onde a carcaça do bebedouro é feita de aço inoxidável, esse aço inoxidável é composto de ferro e cromo, já o parafuso de aço, constituído de uma liga metálica de ferro, carbono, entre outros, essa diferença de concentração do oxigênio, ocasionada pelo tamanho da superfície de contato origina uma diferença de potencial, funcionando o eletrodo mais aerado como catodo e o menos aerado como anodo. O eletrodo mais aerado e que deveria ser o anodo e por tanto corroído

### 3. Questões de pesquisa

Qual o tipo de Corrosão: Alveolar, Puntiforme, Uniforme ou em Placas;

Qual as proteções possíveis: Catódica (Passivação), Revestimento.

### 4. Estratégias de pesquisa

Procurar as questões de pesquisa em artigos e livros, levar a discussão para o professor e verificar se as hipóteses são verdadeiras de acordo com a literatura

## APÊNDICE S-Relatório de progressão parcial 3º CA-PBL (Grupo B)

### 1. Hipóteses

1 - A parte externa dos bebedouros, e composta por aço inoxidável, contudo com a deterioração da película protetora de plástico a exposição do aço a temperatura e ar atmosférico causam a corrosão localizada no material.

2- Desgaste mecânico, pois durante o aperto e em futuras manutenções o parafuso pode perder a proteção dele anti- corrosão.

### 2. Fatos

A reação entre a liga do aço inoxidável com o gás carbônico  $FeCr(g) + CO_2 \rightarrow CrO_2$  em certas regiões da placa ocorre maior deterioração, devido a maior exposição ao ar ( $CO_2$ ) o que se apresenta como possível alternativa para algumas áreas apresentarem maior corrosão do que outras. A corrosão no parafuso e uma corrosão uniforme, pois ela pode ocorrer através de uma reação química ou eletroquímica e do ponto de vista técnico, e uma corrosão que não traz grandes problemas, pois é fácil de programar a vida útil do material que passa por esse tipo de degradação física e química.

### 3. Questões de pesquisa

Quais tecnologias atuais existem para atrasar esse processo de corrosão?

Como funciona a produção dos metais inoxidáveis e qual o melhor método? Existe uma maneira mais barata?

Que reações estão ocorrendo na área da imagem que apresenta corrosão?

Que fatores externos corroboram para essas corrosões.

### 4. Estratégia de pesquisa

Dividir quais artigos iremos pesquisar individualmente.

Em um segundo momento se reunir através da plataforma Google Meet para discutir o que será colocado no relatório, e debater o que e mais viável conforme a literatura.

Como também, quais tópicos serão mais relevantes e a partir das hipóteses selecionadas desenvolver os fatos e questões de pesquisa.

## APÊNDICE T-Relatório de progressão parcial 3º CA-PBL (Grupo C)

### 1. Hipóteses

Contato do metal, normalmente o ferro, com oxigênio (O<sub>2</sub>) do ar e gotículas de água, o que leva a reações de oxidação do metal.

A corrosão ocorrem em pontos de solda ou em partes que há parafusos.

Bebedouros se encontram em ambientes ao ar livre com alto nível de umidade;

Os bebedouros não apresentam nem uma camada de tinta protetora.

Bebedouros são feitos de aço inox, que é uma liga metálica composta de ferro e cromo, depois de um tempo o cromo perde massa, deixando o ferro desprotegido.

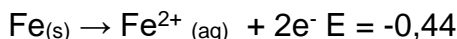
A temperatura e a velocidade dos fluidos.

Compatibilidade entre os diferentes tipos de metais utilizados.

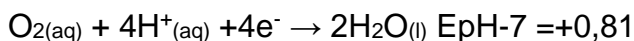
### 2. Fatos

O ferro tem um potencial de redução menor que do oxigênio e por isso irá oxidar, liberando 2 elétrons e o Fe<sup>2+</sup>, o qual do reage com o oxigênio e a água produzindo óxido de ferro (III) hidratado, que é a ferrugem, um material sem resistência.

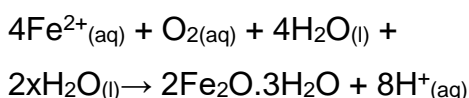
Reação anódica (oxidação):



Reação catódica (redução):



Reação global:



Mas no caso o bebedouro é feito de aço inox, o que não é esperado a sua corrosão.

Observa-se que a corrosão ocorre em pontos de solda ou onde há parafusos, por que são regiões de borda ou defeito, são pontos do material que é mais reativo e tem uma tendência maior de reagirem com o meio.

Os bebedouros da UFPI se encontram fora de ambientes fechados, em contato com a umidade do ar, ou em momentos de inverno recebendo diretamente a água da chuva, além de que a poeira poderia causar ranhuras na peça.

Observa-se que uma parte dos bebedouros não apresentam uma camada protetora de tintas, a qual impede o contato direto do metal, nos pontos específicos, com o ar.

O cromo elementar presente na liga com o ferro não reage com água, mas sofre oxidação em contato com o ar já que tem um potencial de redução menor: Cr<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> +

$2e^- \rightleftharpoons Cr^0_{(aq)}$ ;  $E = -0.913$ . No fim da reação há a formação do óxido de cromo(III) que funciona como um óxido de passivação.

### **3. Questões de pesquisa**

Qual o metal que compõem a solda?

A água não estaria sendo totalmente filtrada e estaria funcionando como eletrólito?

Qual metal ou outros componentes para formar ligas metálicas é mais duradouro, barato e não agressivo ao meio ambiente?

Utilizar uma tinta (epoxídicas ou zarcão) nos pontos que é esperado ter corrosão como forma de mitigar?

### **4. Estratégia de pesquisa**

Cada integrante do grupo de forma individual irá buscar em na bibliografia existente sobre a corrosão nos bebedouros através da leitura de artigos pesquisas em plataformas como o Google Acadêmico, periódicos CAPES, Web of Science, ScienceDirect, e Scielo, para investigar as possíveis causas deste problema.

O porta-voz irá representar o grupo na aula de discussão inicial para averiguar se as causas encontradas são coerentes.

Cada integrante do grupo ficará responsável por pesquisar um tópico do problema de forma mais aprofundada.

Reunião em grupo para apresentar as informações obtidas e escrita do relatório final.

Apresentação do grupo para a classe acerca das soluções obtidas.

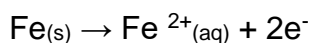
## APÊNDICE U-Relatório de progressão final 3º CA-PBL (Grupo A)

### 1. Questões de aprendizagem

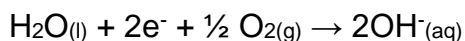
#### 1.1 Qual ou quais os tipos de corrosão estão ocorrendo

Têm-se a aeração diferencial quando um material está imerso em regiões diferentes aeradas, constituindo um tipo frequente de heterogeneidade que conduz a formação de uma pilha de aeração diferencial, como geralmente o oxigênio é o que intervém no processo de aeração, é também chamada pilha por oxigenação diferencial, sendo o ânodo a área menos aerada e o cátodo a área mais aerada.

- Área anódica



- Área Catódica



A ferrugem  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , vai formar em uma região intermediária entre a área catódica e a área anódica.

- $\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{2(s)}$
- $2 \text{Fe}(\text{OH})_{2(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$

É uma corrosão localizada e, por tanto, produz ataque acentuado em determinadas regiões, ocorrendo a formação de pites ou alvéolos. Na junção de peças metálicas por rebites ou parafusos podem existir frestas e, como nessas frestas a aeração é pequena, resulta uma baixa concentração de oxigênio no eletrólito que se encontra no interior das mesmas e uma concentração mais elevada de oxigênio no eletrólito que se encontra em contato com o metal fora das frestas. Assim, no exemplo de chapas unidas por meio de parafuso observa-se que a região anódica, que sofre a corrosão, deve ser assinalada já que há menor concentração de oxigênio, pois é a parte menos aerada

#### 1.2 Quais as proteções possíveis

- Revestimento Orgânico
- Revestimento Metálico
- Revestimento Não Metálico

- Proteção Catódica
- Limpeza e Sanitização

## **2. Estratégias usadas na pesquisa**

Os componentes se reuniram via Google Meet e debateram as hipóteses.

## **3. Soluções para os problemas**

Proteção Catódica, Inibidores, Revestimentos metálicos e não metálicos, Resinas, Tintas

## **4. Implicações éticas**

Torna-se favorável utilizar meios de prevenção, tendo em vista que é mais viável economicamente a manutenção preventiva e o uso do material revertido de um metal com maior potencial de oxidação, do que arcar com os custos da corrosão.

## **Referências**

GENTIL, Vicente. Corrosão. [S. l.]: ABDR, 1982. v. 3.

## APÊNDICE V-Relatório de progressão final 3º CA-PBL (Grupo B)

### 1. Questões de aprendizagem

Quais tecnologias atuais existem para atrasar esse processo de corrosão?  
Como funciona a produção dos metais inoxidáveis e qual o melhor método?  
Que reações estão ocorrendo na área da imagem que apresenta corrosão?  
Que fatores externos corroboram para essas corrosões?

### 2. Estratégias usadas na pesquisa

Foi dividido em duas linhas de raciocínio, uma que visava comprovar a corrosão nos parafusos e outro que tinha como objetivo provar a corrosão no metal inoxidável e a partir disso cada um fez pesquisas separadamente e as uniu durante a construção do relatório final.

### 3. Apresente os conceitos relevantes (realizar as citações usando as normas científicas).

A Oxidação de aços inoxidáveis, com formação da película protetora de óxido de cromo,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . (GENTIL, 1966).

O aço inoxidável pode apresentar qualquer tipo de ferrugem, não pela sua qualidade e resistência, mas pelo seu uso impróprio, ou mesmo, métodos de limpeza e manutenção inadequados (SONDA, 2020).

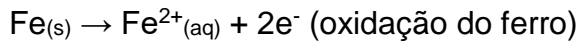
Para a formação de cada precipitado de  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$  no contorno de grão, exige-se grande quantidade de Cr, que será fornecido pela matriz do aço, causando o empobrecimento de Cr nestas regiões. A migração, por difusão dos átomos de Carbono (C) nos contornos de grão, imediatamente antes da precipitação dos carbonetos, é o agente crítico neste fenômeno.

Observa-se que cada átomo de C rouba praticamente 6 átomos de Cr e o carboneto assim formado tem praticamente 94% de Cr, que foi retirado da matriz do aço (CARVALHO, s.d.).

A velocidade da corrosão está ligada à umidade do meio em que o material está exposto, como por exemplo o Fe (ferro) com umidade relativamente baixa não sofre

corrosão. Em casos onde a umidade esteja em torno de 60% a corrosão é lenta, quando essa umidade ultrapassa 70% o processo de corrosão se torna acelerado (GENTIL, 1996).

A reação que acontece durante a formação da ferrugem nos parafusos é:



#### 4. Descreva as possíveis soluções para os problemas

1- No caso específico de aços inoxidáveis, a adição de Titânio ou Nióbio na liga aumenta substancialmente sua resistência à corrosão intergranular, uma vez que estes elementos tem maior afinidade pelo Carbono ou Nitrogênio, formando primeiramente Carbonetos e Nitretos de Ti e/ou Nb. É o caso dos aços inox austeníticos 321 e 347, e dos aços inox ferríticos tipo 409, 436, 439, 444,

- **Lubrificação:** A lubrificação do metal, com óleos e graxas, é muito utilizada também na diminuição da taxa de corrosão, pois cria uma película que isola o metal do ambiente (mesmo princípio do revestimento), sendo muito comum em máquinas e equipamentos de trabalho, como nas indústrias.

- **Revestimentos:** O uso de revestimentos também pode ser uma saída para que a corrosão seja evitada, fazendo com que haja o isolamento do metal com o meio em que ele se encontra, pois, esse meio muitas vezes é o que o leva a tal circunstância. O revestimento orgânico é comum e se trata de fazer a impermeabilização mecânica do metal, como com o verniz, esmalte ou pintura.

2- Já nos parafusos existem diversas tecnologias disponíveis para que a corrosão não ocorra com tanta facilidade como por exemplo:

- **Metais de sacrifício:** Já que a ferrugem começa da oxidação do ferro, uma das maneiras de proteger ele é a utilização de um metal que potencial de oxidação maior que o do ferro para oxidar-se em seu lugar fornecendo elétrons para que os íons de  $\text{Fe}^{2+}$  voltem a ser ferro metálico

- **Revestimento:** Cobrir os parafusos com tinturaras específicas podem auxiliar a retardar esse processo um exemplo desse tipo de tintura é o tetróxido de chumbo.

- **Ligas metálicas:** A utilização de outras ligas metálicas na fabricação do ferro também pode auxiliar a diminuição desse desgaste.

## 5. Aponte as implicações éticas para cada solução

Não há grandes implicações éticas das soluções apresentadas pois, tendo em vista que já são preocupações recorrentes do meio industrial e que a maioria pode ser corrigida com a manutenção e concerto regular, não é um grande problema social, até por que na própria imagem apresentada a corrosão é externa, que não apresenta risco grave a saúde.

### Referências

CARVALHO, J. A. (s.d.). ABINOX. Fonte: associação de aço inoxidável: <https://www.abinox.org.br/site/capacitacao-aprenda-com-especialista-corrosao-em-acos-inoxidaveis-detalhes.php?cod=422&codSerie=395>

GENTIL, V. (1966). Corrosão. Rio de Janeiro: Saraiva.

SONDA, B. (29 de novembro de 2020). Fonte: loja brasil: <https://www.lojabrazil.com.br/blog/como-prevenir-a-ferrugem-no-aco-inoxidavel/#.YZsDKsXMLrc>.

## APÊNDICE W-Relatório de progressão final 3º CA-PBL (Grupo C)

### 1. Questões de aprendizagem

Sabendo do problema proposto: corrosão dos bebedouros da UFPI, surgiu como hipóteses ao problema:

1. Contato do metal, normalmente o ferro, com oxigênio ( $O_2$ ) do ar e gotículas de água, o que leva a reações de oxidação do metal;
2. A corrosão ocorrem em pontos de solda ou em partes que há parafusos;
3. Bebedouros se encontram em ambientes ao ar livre com alto nível de umidade sem uma camada de tinta protetora;
4. A soldagem do aço inox, não é realizado de forma correta;
5. Composição do aço inox influencia no processo de corrosão.

### 2. Estratégias usadas na pesquisa

Para as buscas e soluções dos problemas, quatro etapas foram seguidas: planejamento; busca; e execução (como fizeram e o que fizeram).

#### ● Planejamento

O planejamento iniciou-se com o estudo do tema corrosão dos bebedouros da UFPI e delimitação do tema: seria a soldagem? Ou a composição? Problematização do tema, observando-se exatamente a dificuldade que pretende-se resolver: corrosão em pontos de conexão entre as peças. E por fim, procurou-se solucionar os problemas encontrados com o uso de tintas inibidoras.

#### ● Onde buscaram

A pesquisa bibliográfica foi feita com bases de dados como Google Acadêmico, periódicos CAPES, Web of Science, revista virtual de química, através da leitura de artigos científicos, livros e handbooks.

#### ● Como fizeram

Dividiu-se as questões problemas para cada integrante do grupo, para que estes buscassem através de pesquisas soluções aos mesmos.

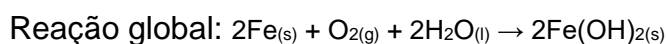
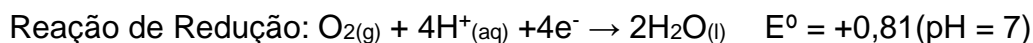
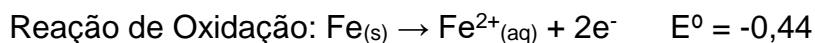
#### ● O que fizeram

Realizou-se diversas pesquisas, discussão em grupo e o levantamento de hipóteses acerca do tema e o contexto problemático.

### 3. Descreva as possíveis soluções para os problemas

O processo de corrosão do ferro ocorre quando está em contato com ar úmido, ou seja na presença do oxigênio e da água. O ferro tem um potencial de redução menor

que do oxigênio e por isso irá oxidar, liberando 2 elétrons e o  $\text{Fe}^{2+}$ , o qual do reage com o oxigênio e a água produzindo óxido de ferro (III) hidratado ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), que é conhecido como ferrugem, um material sem resistência (FEDELE, 2004).



Mas no caso do bebedouro não é esperado a sua corrosão, já que sua parte externa normalmente é composta com aço inoxidável, ou popularmente chamado de aço inox. Esse material é uma liga de ferro com cromo (Fe-Cr) ou cromo e níquel (Fe-Cr-Ni), além de apresentarem em pequena porcentagem outros elementos, tais como o carbono, molibdênio, manganês, titânio e entre outros. A resistência à corrosão só é possível devido a presença do cromo como uma proteção física, este elemento passa pelo processo de oxidação na presença do oxigênio, pois tem um potencial de redução ( $E^0 = -0,913$ ) menor. No fim da reação há a formação do óxido de cromo(III) que funciona como uma película de óxido protegendo o ferro da corrosão (FRAUCHES-SANTOS, 2014).

No entanto, após um tempo é possível observar no bebedouro a presença de ferrugem em pontos específicos, como nos pontos em que há solda e em pontos com parafusos. Num primeiro olhar é possível dizer que seria devido a irregularidade do metal que permite uma maior reatividade, ou seja, doa mais facilmente elétrons com o meio.

A soldagem dos aços depende do tipo do material, assim, quanto maior a porcentagem de carbono maior a probabilidade dos carbonetos precipitarem nos contornos de grão da ZTA (zona termicamente afetada), que é a zona que não passou para o estado líquido, mas teve a estrutura alterado pelo calor, por isso apresenta fases indesejáveis que leva a corrosão. Além disso, as propriedades físicas podem influenciar, como maior temperatura de fusão, menor coeficiente de expansão térmica e maior resistência elétrica. Um outro aspecto que deve ser levado em consideração é a necessidade de limpeza do material para minimizar contaminações que deterioram a resistência à corrosão. Para minimizar estes problemas na soldagem é recomendado controle do aporte térmico e resfriamento rápido (MODENESI, 2011). Existem dois tipos principais de classificação do aço inoxidável: austeníticos, ferríticos. Os aços inoxidáveis austeníticos são os mais utilizados devido sua alta resistência à

corrosão, boa ductilidade, boa resposta aos trabalhos a frio e a facilidade em operações de soldagem. A sua composição é composta por 17% e 25% de cromo e entre 7% e 20% de níquel. Já os ferríticos têm o cromo como principal constituinte da liga ferrítica (entre 11% e 20%), além de outros estabilizadores de ferrite, tais como silício e nióbio, e carbono com uma pequena porcentagem de 0,08%. Uma das características desse tipo de aço é a boa soldabilidade e capacidade de serem facilmente conformados (MODENESI, 2011).

Assim, é possível concluir que pela composição do aço não é esperado sofrer processo de corrosão e no caso da soldagem é possível se ter uma solda quase perfeita que não cause uma fragilidade do aço e ao analisar a Figura 1 observa-se que a parte entre a bandeja e os pés do bebedouro não estão perfeitamente conectados.

Figura 1. Bandeja e pés do bebedouro da UFPI



Dessa forma, surge como outra alternativa a pintura inibidora de corrosão, como por exemplo a tinta epóxida ( $C_2H_4O$ ), que constitui-se de uma barreira rígida, resistente e impermeável.

Um outro tipo é o zarcão ( $ZnCrO_4$ ), por ser um material totalmente oxidado (o chumbo está com o nox máximo, 4+), funciona como ânodo protegendo o metal da corrosão. Ambas formas de proteção exigem uma prévia limpeza para evitar que certas substâncias possam impedir o contato direto da tinta com a superfície metálica que futuramente podem causar um descascamento da tinta e levando a corrosão.

#### **4. Aponte as implicações éticas para cada solução**

Dentre as duas soluções propostas, melhorar a soldagem e tintas inibidoras, a que pode causar um problema ambiental e risco à saúde é a pintura inibidora de corrosão, pois apresentam em sua composição substâncias tóxicas.

## **Referências**

FEDELE, Eng Ricardo. Corrosão intergranular em juntas soldadas-parte III. revista soldagem & inspeção, v. 6, n. 5, 2004.

FRAUCHES-SANTOS, Cristiane et al. A corrosão e os agentes anticorrosivos. Revista virtual.

MODENESI, Paulo J. Soldabilidade de algumas ligas metálicas. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 26, 2011.

Química, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.

Tipos de aço inox. Loja brazil. Camboriú SC, 18 de Setembro, 2019. Disponível em <https://www.lojabrazil.com.br/blog/aco-inox-entenda-as-diferencas/o>. Acesso em: 21/11/2021

**APÊNDICE X-Questionário: Avaliação da aplicação da PBL pelos discentes**

1. Você gostou de ter participado da experiência com a PBL?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

2. Você concorda que no processo PBL, o estudante participa ativamente do processo de ensino aprendido e torna-se um aprendiz autônomo na tomada de decisões?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

3. Você estudaria em uma instituição em que todas as aulas fossem ofertadas no formato PBL?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

4. Você acha que teria maior aproveitamento nas aulas ofertadas pelo modelo tradicional?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

5. Os problemas empregados são de relevância para revisão, aprofundamento e fixação dos conteúdos na disciplina de eletroquímica?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

6.Você concorda que no processo PBL, o professor tutor na condição de mediador, norteador, orientador, estimula o engajamento, pensamento científico, crítico e reflexivo dos alunos?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

7.Você se sentiu motivado em pesquisar, estudar e participar das discussões em grupo?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

8. Você concorda que as atividades desenvolvidas nas sessões tutoriais promovem a aprendizagem cooperativa e colaborativa?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

9.Você acredita que nas sessões tutoriais do método PBL, o aluno que tem dificuldade de expor suas ideias, falar em público, medo do novo é prejudicado?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

10.Você acredita que os critérios usados para avaliar o estudante no método PBL são eficazes?

A) Sim

B) Não

C) Neutro

11. Aceitação dos alunos em relação a PBL quando questionados sobre (a) uso do método PBL em momentos estratégicos da disciplina de eletroquímica; (b) a influência dessa metodologia no engajamento comportamental, emocional e cognitivo dos estudantes; (c) a influência do método PBL para a fixação de conteúdo

## **APÊNDICE Y-TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

### **Prezado(a) Senhor (a)**

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) de uma pesquisa denominada **“Efeitos da metodologia baseada em problemas (*Problem Based Learning-PBL*) no engajamento dos estudantes em aulas remotas de química: um estudo de caso no ensino superior”**, esta pesquisa está sob a responsabilidade do pesquisador Edielson de Miranda Santos; Universidade Federal do Piauí –UFPI e tem como objetivo investigar o potencial da PBL para promover uma aprendizagem significativa do aluno por meio da aplicação de problemas de menor complexidade em uma turma de eletroquímica no ensino superior, para que professores e estudantes se familiarizem com esta abordagem e abra portas para essa e outras metodologias ativas de ensino aprendizagem.

Neste sentido, solicitamos sua colaboração mediante a assinatura desse termo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), visa assegurar seus direitos como participante. Após seu consentimento, assine todas as páginas e ao final desse documento que está em duas vias. O mesmo, também será assinado pelo pesquisador em todas as páginas, ficando uma via com você participante da pesquisa e outra com o pesquisador. Por favor, leia com atenção e calma, aproveite para esclarecer todas as suas dúvidas.

Se houver perguntas antes ou mesmo depois de indicar sua concordância, você poderá esclarecê-las com o pesquisador responsável pela pesquisa através do seguinte telefone (Edielson de Miranda Santos; (99)988097728) se mesmo assim, as dúvidas ainda persistirem você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da– UFPI, que acompanha e analisa as pesquisas científicas que envolvem seres humanos, no Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina –PI, telefone (86) 3237-2332, e-mail: [cep.ufpi@ufpi.br](mailto:cep.ufpi@ufpi.br); no horário de atendimento ao público, segunda a sexta, manhã: 08h00 às 12h00 e a tarde: 14h00 às 18h00.

Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Esclarecemos mais uma vez que sua participação é voluntária, caso decida não participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento da pesquisa, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo e o (os) pesquisador estará a sua disposição para qualquer esclarecimento.

- **Justificativa da pesquisa**

Um dos grandes obstáculos no ensino de química é o fato dos alunos não conseguirem relacionar os conhecimentos adquiridos em sala de aula pelas as metodologias tradicionais com o seu cotidiano. Assim, um fator determinante é a falta de formação específica de alguns docentes, o que limita a diversificação de metodologias ativas, fazendo o uso apenas do livro didático como recurso

metodológico, tornando a disciplina cansativa e os conteúdos sem significados para os estudantes. Desse modo, os professores devem buscar novos conhecimentos para que possam desenvolver soluções inovadoras, diversificar os métodos para ensinar essa disciplina que é tão complexa, mas, que é muito essencial para formação do aluno). Nesse sentido, a Metodologia Baseada em Problemas (**do inglês *Problem-Based-Learning* - PBL**) entra como uma estratégia para aquisição de novos conhecimentos, visto que os alunos são os responsáveis pelo próprio aprendizado, trabalham em pequenos grupos colaborativos, aprendem o que precisam saber, se tornam autoconfiantes nas suas habilidades como discentes e também são capazes de selecionar e aplicar novas estratégias de resolução de problemas.

- **Dinâmica da pesquisa**

Para a realização dessa pesquisa serão utilizados os seguintes procedimentos para a coleta de dados (os dados serão coletados por meio do uso do questionário, entrevistas, gravação e filmagem). Esclareço que esta pesquisa acarreta os seguintes riscos (não aceitação do método PBL por professores e alunos; os alunos não se envolverem com as atividades proposta; a aplicação do projeto será feita de forma remota com os estudantes devido ao momento pandêmico que vivemos. Assim, com a alta no número de casos de covid-19 se torna um risco realizar a execução de forma presencial), porém se em algum momento da execução do projeto for necessária a presença dos estudantes, os mesmos receberão todas as orientações de biossegurança contra o covid-19, quanto a medição de temperatura, distanciamento, higienização das mãos com água e sabão ou álcool gel, uso correto de máscaras e troca a cada 2 horas, revezamento e quantidade de alunos por sala.

- **Resultado da pesquisa**

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão utilizados para fins acadêmico-científicos (divulgação em revistas e em eventos científicos) e os pesquisadores se comprometem a manter o sigilo e identidade anônima, como estabelecem as Resoluções do Conselho Nacional de Saúde nº. 466/2012 e 510/2016 e a Norma Operacional 01 de 2013 do Conselho Nacional de Saúde, que tratam de normas regulamentadoras de pesquisas que envolvem seres humanos. E você terá livre acesso as todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo, bem como lhe é garantido acesso a seus resultados.

Esclareço ainda que você não terá nenhum custo com a pesquisa, e caso haja por qualquer motivo, asseguramos que você será devidamente ressarcido. Não haverá nenhum tipo de pagamento por sua participação, ela é voluntária. Caso ocorra algum dano comprovadamente decorrente de sua participação neste estudo você poderá ser indenizado conforme determina a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, bem como lhe será garantido a assistência integral.

- **Aceitação da pesquisa**

Após os devidos esclarecimentos e estando ciente de acordo com os que me foi exposto, Eu -----declaro que aceito participar desta pesquisa, dando pleno consentimento para uso das informações por mim prestadas. Para tanto, assino este consentimento em duas vias, rubrico todas as páginas e fico com a posse de uma delas.

**Preencher quando necessário**

- ( ) Autorizo a captação de imagem e voz por meio de gravação, filmagem e/ou fotos;
- ( ) Não autorizo a captação de imagem e voz por meio de gravação e/ou filmagem.
- ( ) Autorizo apenas a captação de voz por meio da gravação;

Local e data: Teresina, 04 de maio de 2021

---

Assinatura do Participante

*Edielson de Miranda Santos*

---

Assinatura do Pesquisador Responsável