

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**Ensino de Química e Aprendizagem Baseada em Projetos:
Desenvolvimento de Artefatos a partir de Rejeito de
Mineração de Ferro**

**Chemistry teaching and Project-Based Learning: Product Development from
Iron Mining Tailings**

Thaiany Souza Canal Bressiani

Dissertação de Mestrado em Química

**Vitória
2020**

Thaiany Souza Canal Bressiani

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Química

Área de Concentração: Química

Linha de Pesquisa: Educação e Ensino de Química.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura

Coorientador(a): Profa. Dra. Maria de Fátima Fontes Lelis

**VITÓRIA
2020**

**Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Química:
Desenvolvimento de Artefatos a partir de Rejeito de Mineração
de Ferro**

Thaiany Souza Canal Bressiani

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química da
Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção
do grau de Mestre em Química.**

Aprovado(a) em 08/04/2020 por:

**Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador**

**Profa. Dra. Maria de Fátima Fontes Lelis
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora**

**Prof. Dr. Rafael de Queiroz Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo**

**Profa. Dra. Denise Rocco de Sena
Instituto Federal do Espírito Santo**

**Prof. Dr. Valdemar Lacerda Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo**

**Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, Março de 2020**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
PAULO ROGERIO GARCEZ DE MOURA - SIAPE 2352731
Departamento de Química - DQ/CCE
Em 23/06/2020 às 17:51

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/32780?tipoArquivo=O>

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

B843e Bressiani, Thaiany Souza Canal, 1992-
Ensino de química e aprendizagem baseada em projetos : desenvolvimento de artefatos a partir de rejeito de mineração de ferro / Thaiany Souza Canal Bressiani. - 2020.
128 f. : il.

Orientador: Paulo Rogerio Garcez de Moura.

Coorientadora: Maria de Fátima Fontes Lelis.

Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Química ambiental. 2. Aprendizagem ativa. 3. Ferro - Minas e mineração. 4. Ecologia industrial. 5. Barragens de rejeitos. 6. Educação ambiental. I. Moura, Paulo Rogerio Garcez de. II. Lelis, Maria de Fátima Fontes. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. IV. Título.

CDU: 54

A Deus
Aos meus amados pais
Ao meu querido esposo

AGRADECIMENTOS

Este período de mestrado não foi vencido sozinho. Algumas pessoas foram fundamentais para a realização dessa etapa. Agradeço primeiramente a Deus, o maior dos Mestres, melhor amigo e companheiro em todos os momentos. Sem Ele ao meu lado não seria possível. A Ele toda a honra e toda a glória.

Ao meu querido esposo Victor Bressiani pela insistência para eu realizar o mestrado. Você não só acreditou em mim, mas deu todo o apoio ao longo deste período. Finalmente conseguimos chegar até aqui, mesmo com os momentos difíceis que enfrentamos nesses dois anos.

Aos meus amados pais, Pedro Cezar Canal e Nirlene Canal, por serem meus fiéis intercessores e grandes incentivadores, presentes em todos os momentos de minha vida. Aos meus queridos irmãos, Thiago e Talita, que sempre vibram com minhas conquistas.

Ao Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura pela orientação e por sempre me incentivar. À minha querida coorientadora Profa. Dra. Maria de Fátima Fontes Lelis por todo ensinamento e auxílio, muito obrigada!

Aos professores Dr. Rafael de Queiroz Ferreira e Dra. Denise Rocco de Sena e Dr. Valdemar Lacerda Júnior pelas importantes considerações e por toda contribuição na correção da minha dissertação.

Aos alunos de “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente” que se empenharam ao longo da disciplina e contribuíram satisfatoriamente para minha pesquisa. Aos alunos das turmas de Química A experimental e aos professores Agostinho Lelis e Álvaro Cunha por permitirem realizar este experimento educacional.

Aos amigos da nossa linha de pesquisa “Educação e Ensino de Química”, aos colegas de laboratório, aos amigos que colaboraram com a escrita de artigos, aos amigos que auxiliaram na tradução de artigos. Enfim, a todos os amigos que fiz ao longo desta jornada e também aos grandes amigos que me acompanham há mais tempo e que torceram por mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química (PGQUI). Ao Departamento de Química. Ao Núcleo de Competências em Química do Petróleo (NCQP) e seus laboratórios de Águas (LabÁguas) e de polímeros (LabPol) pela disponibilidade do espaço para realização de atividades experimentais. Além destes, agradeço ao Laboratório de Raios X (LDRX) e ao Laboratório de Espectrometria Atômica (LEA)

pelas análises realizadas. Ao Laboratório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), onde também foram realizadas atividades experimentais com os alunos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Para finalizar, agradeço a todos que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, muito obrigada, esta vitória é nossa. Que Deus os recompense infinitamente mais.

“Ninguém é tão grande que não possa aprender,
nem tão pequeno que não possa ensinar.”

Autor desconhecido.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características das metodologias ativas. ²² (Adaptada).....	24
Figura 2 – Prioridade na gestão e gerenciamento dos RS. ⁵¹ (Adaptada).....	31
Figura 3 – Convergência de Evidências. ⁷⁴	40
Figura 4 – Amostra proveniente do rompimento da barragem de Fundão, coletada na usina hidrelétrica de Candongas. Arquivo pessoal.....	50
Figura 5 – Nuvem de palavras: Questão três (3) do QP. ⁸⁵	57
Figura 6 – Exemplos de aulas expositivas dialogadas com participação ativa dos alunos. Dados da pesquisa.....	59
Figura 7 – Destorroamento (em cima, esquerda); Peneiramento (em cima, direita); quarteamento (inferior). Arquivo pessoal.....	64
Figura 8 – Lixiviação e solubilização (à esquerda); banho-maria (centro) e medição de pH para determinar solução extratora (à direita). Arquivo pessoal.....	65
Figura 9 – DRX da amostra de lama estudada. Dados da pesquisa.....	68
Figura 10 – Etapas da separação da areia. Arquivo pessoal.....	69
Figura 11 – Etapa experimental III – Separação de silte e argila. Arquivo pessoal..	70
Figura 12 – Etapas de separação do silte da argila do grupo B. Dados da pesquisa.....	70
Figura 13 – Em ordem (da esquerda para direita): lama, areia, silte e argila do grupo D. Dados da pesquisa.....	71
Figura 14 – Protótipo da madeira plástica (Grupo A). Dados da pesquisa.....	74
Figura 15 – Testes de adsorção realizados pelo grupo B e apresentados no SF. Dados da pesquisa.....	76
Figura 16 – Cabine de luz e espectrofotômetro UV-Vis realizados pelo grupo C. Arquivo pessoal.....	78
Figura 17 – Aula preparatória (esquerda), kits experimentais (centro) e aluno realizando a prática (direita). Arquivo pessoal.....	97
Figura 18 – Algumas amostras de madeira plástica da prática aplicada na aula experimental da engenharia civil. Fonte: Arquivo pessoal.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de barragens levando em consideração a categoria de risco e o dano potencial associado. ⁶² (Adaptada).....	34
Tabela 2 – Barragens de mineração no Brasil inseridas na PNSB de acordo com sua classificação. ⁶² (Adaptada).....	34
Tabela 3 – Planejamento da pesquisa de acordo com as etapas da ABP. ^{4,5} (Adaptada)	46
Tabela 4 – Divisão dos grupos para realização das atividades propostas no planejamento. Dados da pesquisa.....	47
Tabela 5 – Distribuição dos temas do seminário parcial. Dados da pesquisa.....	48
Tabela 6 – Condições operacionais utilizadas no ICP-OES.....	51
Tabela 7 – Área de concentração da química que os discentes realizaram IC. Dados obtidos a partir do QP. Dados da pesquisa.....	56
Tabela 8 – Grupos formados e as áreas de IC de cada aluno, por grupo. Resultado obtido a partir do QP e da Tabela 7. Dados da pesquisa.....	56
Tabela 9 – Respostas de alguns alunos da avaliação do SP (ANEXO IV). Dados da pesquisa.....	62
Tabela 10 – Análise dos elementos pela técnica de ICP-OES no líquido da solubilização e lixiviação. Dados da pesquisa.....	66
Tabela 11 – Composição e diâmetro das frações de areia, silte e argila. ⁹² (Adaptada).....	69
Tabela 12 – Massa (g) das frações obtidas por cada grupo. Dados da pesquisa.....	71
Tabela 13 – Diâmetro das frações e sua porcentagem média calculada a partir dos valores da Tabela 12. Dados da pesquisa.....	71
Tabela 14 – Dados obtidos pelo grupo C na técnica UV-Vis no comprimento de onda 515 nm. Dados da pesquisa.....	78
Tabela 15 – Categorias iniciais a partir da AC. Dados da pesquisa.....	81
Tabela 16 – Categoria final meio ambiente. Dados da pesquisa.....	82
Tabela 17 – Categoria final normas e padrões. Dados da pesquisa.....	83
Tabela 18 – Categoria final habilidades e competências. Dados da pesquisa.....	85
Tabela 19 – Categoria final avaliação da aprendizagem. Dados da pesquisa.....	86
Tabela 20 – Categoria final contribuições para o futuro. Dados da pesquisa.....	87
Tabela 21 – Categoria final a disciplina. Dados da pesquisa.....	89

Tabela 22 – Categoria final teoria e prática. Dados da pesquisa.....	90
Tabela 23 – Contribuições gerais da ABP para a formação profissional e construção do conhecimento. ⁵	93
Tabela 24 – Respostas de alguns alunos a questão seis (6) do ANEXO XI. Dados do relato experimental na engenharia civil.....	98
Tabela 25 – Respostas de alguns alunos a questão sete (7) do ANEXO XI. Dados do relato experimental na engenharia civil.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Trechos das respostas da pergunta cinco (5) do QP. Dados da pesquisa	58
Quadro 2 – Respostas da pergunta cinco (5) do QP. Dados da pesquisa.....	58
Quadro 3 – Relato registrado em diário de bordo (A4) referente às metodologias utilizadas. Dados da pesquisa.....	60
Quadro 4 – Transcrição de áudio dos alunos referente às normas. Dados da pesquisa.....	84
Quadro 5 – Relato de alunos que evidenciam aprendizado (categoria IV). Dados da pesquisa.....	86
Quadro 6 – Relato de alunos que complementam a categoria V. Dados da pesquisa.....	87
Quadro 7 – Transcrição de áudio do SF do A4, comparando a disciplina com o curso em geral. Dados da pesquisa.....	90
Quadro 8 – Transcrição do diálogo entre pesquisadora e alunos do grupo B durante a apresentação do SF. Dados da pesquisa.....	91
Quadro 9 – Transcrição de áudio (A4) sobre a aplicação das normas na prática. Dados da pesquisa.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP - Aprendizagem Baseada em Projetos
AC – Análise de Conteúdo
BNCC – Base Nacional Comum Curricular
CEP – Comitê de Ética e Pesquisa
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DRX – Difractometria de Raios X
EA – Educação Ambiental
IC – Iniciação Científica
ICP-OES – Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente
LabÁguas – Laboratório de Águas
LabPol – Laboratório de Polímeros
LDRX – Laboratório de Raios X
LEA - Laboratório de Espectrometria Atômica
MAXQDA – Software de Análise Qualitativa de Dados
MG – Minas Gerais
NCQP – Núcleo de Competências em Química do Petróleo
NIPEEA – Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas e Estudos em Educação Ambiental
PET – Poli (Tereftalato de Etileno)
PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência
PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens
PP – Polipropileno
QP – Questionário Prévio
RS – Resíduos Sólidos
SF – Seminário Final
SP – Seminário Parcial
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
UV-VIS – Espectrofotometria ultravioleta e visível

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Temperatura em graus Celsius

HCl – Ácido Clorídrico

mL – mililitros

mm – milímetro

μm – micrômetro

NH_4OH – Hidróxido de Amônio

nm – Nanômetro

pH – Potencial Hidrogeniônico

POAs – Processos Oxidativos Avançados

RESUMO

A prática docente voltada para reflexão conjunta com os alunos sobre problemáticas ambientais tem a função de promover uma formação transformadora, capaz de influenciar o futuro profissional para tomada de decisões criativas, tendo como foco a solução de questões pertinentes à sociedade. Em um contexto atual que se discute sobre o desenvolvimento sustentável e educação ambiental, constata-se a necessidade de se utilizar novas estratégias e metodologias de ensino ativas capazes de desenvolver nos alunos habilidades e competências importantes para sua futura atuação profissional, visando também à preocupação com o meio ambiente. Esta dissertação de mestrado teve como objetivo principal avaliar as contribuições da metodologia de ensino Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) no contexto do ensino superior em Química, na disciplina de “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Esta metodologia ativa de ensino possibilita o engajamento dos estudantes no trabalho colaborativo, incentivando o compartilhamento de ideias, conhecimentos e habilidades para a elaboração de artefatos, capacitando-os para tomadas de decisões e resolução de problemas. A proposta educacional envolveu os alunos no processo de pesquisa visando transformar o rejeito de mineração de ferro proveniente do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG) em um produto sustentável. Dentre as alternativas apresentadas pelos discentes, encontram-se a madeira plástica, as membranas cerâmicas e a fabricação de adsorventes e ferritas como opção no tratamento de efluentes têxteis. Os alunos também aplicaram na prática as normativas técnicas, bem como fizeram a separação das frações da amostra de rejeito estudada (areia, silte e argila). Além disso, a amostra foi caracterizada por DRX indicando a presença de Fe_2O_3 (hematita) e SiO_2 (sílica) como minerais majoritários e a análise dos metais Cd, Cr, Cu e Pb pela técnica de ICP-OES, com resultados abaixo dos valores limites das normas vigentes. Para análise dos resultados educacionais, a metodologia de pesquisa “estudo de caso” foi associada à análise de conteúdo para tratamentos dos dados. Os resultados obtidos mostram que a utilização da metodologia de ensino ABP na perspectiva da Educação Ambiental (EA) motivou os alunos a buscarem soluções tendo como base o conhecimento científico adquirido na disciplina e ao longo da graduação, além de realçar a capacidade criativa e a colaboração entre os integrantes do grupo. Esta intervenção pedagógica motivou os alunos e proporcionou uma melhor compreensão do conteúdo, pois abordou assuntos do cotidiano integrando teoria e prática em sala de aula.

Palavras-chave: ensino de química, educação ambiental, resíduos sólidos, sustentabilidade.

ABSTRACT

The teaching practice aimed at joint reflection with students on environmental problems has the function of promoting a transformative formation, capable of influencing the professional future for creative decision making, focusing on solving issues pertinent to society. The discussions on sustainable development and environmental education in the current context indicate the need to use new teaching strategies and methodologies capable of developing important skills and competences in students for their future professional performance, also aiming at the environmental concerns. This master's thesis had as main objective to evaluate the contributions of the teaching methodology Project-based Learning (PBL) in the context of higher education in Chemistry, in the discipline of "Waste Treatment in the Environment", at Federal University of Espírito Santo (UFES). This teaching methodology enables students to engage in collaborative work, encouraging the sharing of ideas, knowledge and skills for the elaboration of artifacts, enabling them to make decisions and solve problems. The educational proposal involved students in the research process aimed at transforming iron ore tailings into a sustainable product. Wood-plastic, ceramic membranes and the manufacture of adsorbents and ferrites as an option in the treatment of textile effluents are the alternatives presented by the students. The students also applied the current technical standards, as well as separating the fractions from the tailings sample (sand, silt and clay). The mud was characterized by XRD indicating the presence of Fe_2O_3 (hematite) and SiO_2 (silica) as major minerals and the analysis of Cd, Cr, Cu, and Pb metals by the ICP-OES with results below the specified limit values in the current standards. The research methodology "case study" was associated with "content analysis" for treatment of educational results. The results obtained show that the use of the PBL teaching methodology from the Environmental Education perspective motivated students to seek solutions based on the scientific knowledge acquired in the discipline and the undergraduate course, besides enhancing the creative capacity and collaboration among group members. This pedagogical intervention motivated the students and provided a better understanding of the content, as it addressed everyday subjects integrating theory and practice in the classroom.

Keyword: teaching chemistry, environmental education, solid waste, sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Justificativa do Tema	19
1.2	Apresentação dos Tópicos	20
2	OBJETIVOS	21
2.1	Objetivo Geral.....	21
2.2	Objetivos Específicos	21
3	REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1	Educação e Ensino de Química	22
3.2	Educação Ambiental e Ensino Superior	23
3.3	Metodologias Ativas	24
3.4	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)	27
3.4.1	ABP e o Ensino de Química	29
3.5	Resíduos Sólidos	31
3.6	Mineração de Ferro	34
3.6.1	Barragens de Contenção.....	34
3.6.2	Rompimento da Barragem de Fundão (Mariana, MG).....	36
3.7	Alternativas Sustentáveis para o Rejeito de Mineração	37
3.8	Rejeito de Mineração e ABP	38
3.9	Estudo de Caso	39
4	METODOLOGIA	43
4.1	Desenho Metodológico.....	43
4.1.1	Tipo de Pesquisa	43
4.1.2	Caracterização e Contextualização do Local de Trabalho	43
4.1.3	Sujeitos da Pesquisa.....	44
4.1.4	Coleta, Tratamento e Análise dos Dados	44
4.2	Metodologia Educacional	46
4.2.1	Aulas Preparatórias	48
4.2.2	Seminário Parcial	49
4.3	Metodologia Experimental.....	50
4.3.1	Etapa Experimental I – A Norma na Prática	50
4.3.2	Etapa Experimental II – Difractometria de Raios X.....	53
4.3.3	Etapa Experimental III – Separação das Frações	53
4.3.4	Etapa Experimental IV – Desenvolvimento de Artefatos	54
4.3.5	Seminário Final	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56

5.1	Avaliação do Conhecimento Prévio	56
5.2	Aulas Preparatórias	59
5.3	Seminário Parcial	61
5.4	Introdução da Âncora e Questão Motriz	64
5.5	Etapa Experimental I	64
5.5.1	Quarteamento	64
5.5.2	Etapa de Solubilização e Lixiviação	66
5.5.3	Análise dos Metais	67
5.6	Etapa Experimental II – DRX	68
5.6.1	Aula sobre a Técnica de Difractometria de Raios X.....	68
5.6.2	Análise da Difractometria de Raios X.....	69
5.7	Etapa Experimental III – Separação das Frações	69
5.8	Etapa Experimental IV – Desenvolvimento de Artefatos	73
5.8.1	Grupo A – Madeira Plástica.....	74
5.8.2	Grupo B – Adsorventes	75
5.8.3	Grupo C – Síntese de Ferritas	78
5.8.4	Grupo D – Membranas Cerâmicas.....	79
5.9	Categorias de Análise	80
5.9.1	Categorias Iniciais.....	81
5.9.2	Categorias Finais	82
5.9.2.1	<i>Meio ambiente</i>	83
5.9.2.2	<i>Normas e padrões</i>	84
5.9.2.3	<i>Habilidades e competências</i>	85
5.9.2.4	<i>Avaliação da aprendizagem</i>	87
5.9.2.5	<i>Contribuições para o futuro</i>	88
5.9.2.6	<i>A disciplina</i>	89
5.9.2.7	<i>Teoria e prática</i>	90
5.10	Considerações Gerais sobre a Metodologia ABP	93
6	RELATO DE EXPERIMENTO EDUCACIONAL	96
7	CONCLUSÃO	103
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	ANEXOS	114

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa do Tema

Um dos objetivos da prática docente é formar o aluno, enquanto cidadão, atuante sob a sua realidade. A reflexão sobre problemas ambientais no ensino de química pode contribuir para a formação de alunos críticos e criativos, capazes de lidar com questões pertinentes à sociedade.¹

Um dos temas socioambientais que estão em evidência atualmente é a grande produção de resíduos sólidos (RS) proveniente de diversas atividades antropogênicas. Dentre estes, destacam-se os resíduos provenientes da mineração, que tem ganhado atenção especial de órgãos ambientais, políticos e centros de pesquisa do Brasil, em decorrência dos últimos episódios envolvendo rompimentos de barragens de mineração no país. Em geral, desastres desta magnitude são imensuráveis e irreparáveis, pois acarretam impactos econômicos, sociais e ambientais, gerando discussões no cotidiano de todos, atingindo também as instituições de ensino.^{2,3}

Diante desse contexto, constata-se a necessidade de utilizar estratégias e metodologias de ensino que possibilitem desenvolver nos alunos a capacidade crítica, investigativa e transformadora, visando à preocupação com o meio ambiente.

Nesse sentido, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) na perspectiva da Educação Ambiental (EA) apresenta-se como uma boa ferramenta para a construção de conhecimentos significativos ligados às questões socioambientais. A ABP é uma das metodologias ativas que possibilita trabalhar questões e problemas do mundo real, a fim de que educandos busquem soluções viáveis para os mesmos.⁴

Portanto, torna-se viável a utilização da ABP como proposta educacional para reflexão sobre este tema, o que pode contribuir para construção de novos conhecimentos científicos, além de auxiliar na formação de futuros profissionais conscientes dos problemas que os rodeiam e engajados no desenvolvimento de alternativas sustentáveis, em um mundo com rápidas evoluções e desafios cada vez mais complexos.⁵

1.2 Apresentação dos Tópicos

Na seção dois (2) são apresentados os objetivos gerais e específicos desta pesquisa de mestrado.

Na seção três (3) é feita uma revisão bibliográfica, reforçando os conceitos associados à educação em química, incluindo a importância da educação ambiental (EA) e o uso de metodologias ativas, em especial a aprendizagem baseada em projetos (ABP). Além disso, são apresentados os referenciais teóricos científicos, como problemática dos RS com foco no rejeito de mineração de ferro.

A seção quatro (4) descreve a metodologia científica e educacional utilizada durante o estudo de caso na disciplina “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente” do curso de graduação em Química na UFES.

Os resultados e discussão relacionados à aplicação da metodologia ABP no ensino superior são apresentados na seção cinco (5), levando em consideração os dados coletados durante a intervenção pedagógica.

Na seção seis (6) encontra-se disponível um produto educacional preparado pela autora, fruto de novos testes a partir dos resultados obtidos na seção cinco (5). O roteiro experimental preparado foi aplicado na disciplina “Química A experimental” para alunos de engenharia civil do primeiro período.

Por fim, a seção (7) traz a conclusão, seguido das referências bibliográficas na seção oito (8).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Aplicar e avaliar a metodologia “Aprendizagem baseada em Projetos” (ABP) com vistas à melhoria do ensino de Química no contexto de nível superior.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as contribuições da metodologia ABP aplicadas à problemática ambiental;
- Averiguar o aprendizado dos acadêmicos sobre as normas técnicas associadas ao estudo de resíduos sólidos;
- Verificar a produção de artefatos produzidos pelos alunos a partir de rejeito de mineração de ferro oriundo do rompimento da barragem de Fundão (MG).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Educação e Ensino de Química

De acordo com Santos e Schnetzler (2000)⁶, as primeiras pesquisas sobre educação e ensino de química no Brasil ocorreram por volta de 1978, resultado da reforma curricular ocorrida nos EUA e Inglaterra na década de 1960, uma vez que a educação tradicional, pautada em técnicas de descrição e memorização, deixou de atender às necessidades de uma sociedade em constante crescimento.

Na década de 1990, práticas de ensino relacionadas com o aprendizado de Química foram inseridas na literatura educacional de forma contextualizada e interdisciplinar.⁷ Bosquilha e colaboradores (1992)⁸ apresentaram um método focado na construção e reconstrução dos conceitos sobre os fenômenos químicos em associação aos temas cotidianos e ambientais, utilizando mapas conceituais como moduladores das operações mentais. Neste projeto, os processos de aprendizagem priorizavam o envolvimento dos discentes nas atividades intelectuais, conectando as suas experiências prévias com as novas vivências conceituais. Um ano depois, eles criaram uma coleção de livros que ensinava química a partir de experiências do dia a dia.⁹

Em se tratando do ensino superior, as diretrizes curriculares para cursos de graduação trazem como competências e habilidades a capacidade de aplicar o conhecimento científico adquirido no contexto social e ambiental, a fim de contribuir com a sociedade. Porém, o que se observa em algumas instituições é a falta de articulação da teoria com a prática, o que pode gerar uma dificuldade do estudante em associar o conteúdo com problemas que estão a sua volta. Isso pode refletir no desempenho profissional e até mesmo na empregabilidade.^{10,11} Nesse sentido, é importante lecionar fazendo correlação do conteúdo químico com o cotidiano do aprendiz, pois isto pode contribuir para a formação do aluno enquanto cidadão.^{12,13}

Um dos temas presentes no cotidiano de todos nos últimos anos são os impactos ambientais negativos advindos de atividades antropogênicas. No ambiente escolar, torna-se necessário relacionar disciplinas com temas socioambientais que fazem parte da vida do aluno e promovam a educação ambiental. Isso favorece a conexão com temas de interesse social gerando reflexão sobre os impactos da ciência na sociedade, despertando o interesse no aprendizado de química.

3.2 Educação Ambiental e Ensino Superior

A Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, em 1972, foi um marco do início do conhecimento mundial sobre desenvolvimento sustentável, pois foi a primeira reunião da Organização das Nações Unidas (ONU) para tratar de questões relacionadas à degradação do meio ambiente. Diante da necessidade de educar o cidadão para a solução de problemas ambientais, surgiu nesta conferência o termo “educação ambiental”.¹⁴

Durante a ECO92 realizada na cidade do Rio de Janeiro (Brasil) em 1992, os representantes dos países participantes promulgaram uma agenda com metas e estratégias para preservação do planeta.⁷ Após esse evento, também surgiu a preocupação em incluir essa temática dentro das escolas e universidades.

A Educação Ambiental (EA) no Brasil teve seu ápice na década de 1990, com a criação da Lei Federal número 9.795 em 27 de abril de 1999, conhecida como Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA – (1999)¹⁵, que tem como o artigo primeiro:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Com a criação desta Lei, a abordagem de temas relacionados ao meio ambiente tornou-se um componente essencial na educação, devendo estar presente em todos os níveis e modalidades de ensino, de forma integrada e permanente.¹⁵ Porém, o que se observa em alguns locais é a EA sendo implementada com intervenções pedagógicas de forma pontual, se limitando a datas comemorativas e palestras. Em muitos casos, a EA implica apenas em mudanças comportamentais e aspectos do meio ambiente, ou seja, apelos à preservação dos recursos naturais sem a presença de práticas efetivas no cotidiano escolar.¹⁶

Quanto à aplicação da EA no ensino superior, entende-se que a universidade tem como função promover a construção do conhecimento com a sociedade para consolidar seu papel de responsabilidade socioambiental, visto que possui um grande potencial para inserir no ensino, pesquisa e extensão assuntos relacionados à EA.¹⁷ Em 2007, verificou-se que em 70% das universidades brasileiras não havia um órgão que coordenasse ações de EA, mostrando que o processo de inserção

desse conceito nas universidades ainda não estava sendo eficientemente articulado com a realidade do país.¹⁸ Em se tratando da UFES, foi criado em 2005 o Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas e Estudos em Educação Ambiental (NIPEEA) que visa integrar pesquisas da instituição a fim de construir um centro de referência de abordagem interdisciplinar e transdisciplinar em Educação Ambiental.¹⁹

A EA não visa abordar conceitos científicos teóricos de forma descontextualizada, mas possibilita que o educando estabeleça conexões do conteúdo explicado com os problemas socioambientais que o rodeia.²⁰ Diante disso, a EA deve abranger questões que vão além de aspectos conservacionistas, abrangendo aspectos sociais, ambientais, territoriais e políticos, para construção de uma sociedade com justiça, cidadania e ética nas relações do homem com a natureza. Neste sentido, ela contribui para uma mudança de atitudes, de forma a não somente identificar questões socioambientais, mas propor intervenções para solucionar problemas reais, ultrapassando as fronteiras escolares e alcançando a comunidade em que vive.¹⁶

Entende-se também que a EA também é criativa e inovadora, pois busca novas metodologias de ensino que relacionam situações reais com temáticas ambientais. Isso contribui para o processo de ensino e aprendizagem, que antes era centrado na transmissão de conteúdos e agora passa para uma abordagem interacionista, com participação ativa do aluno.^{4,14}

3.3 Metodologias Ativas

É de fundamental importância formar cidadãos capazes de tomar decisões que influenciem o meio em que vivem. Tratando-se do ensino de química, é necessária uma relação de dois componentes básicos: a informação química e o contexto social. Para isso, o educando precisa não só compreender a química, mas a sociedade em que está inserido.^{1,6} Dessa forma, adotar metodologias de ensino diferenciadas para o ensino de química possibilita o envolvimento e a participação dos estudantes na construção do seu próprio conhecimento.

As metodologias orientam o processo de ensino e aprendizagem, envolvendo abordagens e técnicas diferenciadas. Já as metodologias ativas nascem da necessidade de inovação no ensino, conforme Bacich e Moran (2018: 28)²¹:

O fato de elas serem ativas está relacionado com a realização de práticas pedagógicas para envolver os alunos, engajá-los em atividades práticas nas quais eles sejam protagonistas da sua aprendizagem. Assim, as metodologias ativas procuram criar situações de aprendizagem nas quais os aprendizes possam fazer coisas, pensar e conceituar o que fazem e construir conhecimentos sobre os conteúdos envolvidos nas atividades que realizam, bem como desenvolver a capacidade crítica, refletir sobre as práticas realizadas, fornecer e receber *feedback*, aprender a interagir com colegas e professor, além de explorar atitudes e valores pessoais.

Portanto, as metodologias ativas privilegiam a autonomia dos educandos na tomada de decisões, de modo a estimular o pensamento crítico e a construção do conhecimento individual ou coletivo, com foco na resolução de problemas, como mostra a Figura 1, que reúne as principais características das metodologias ativas.²²

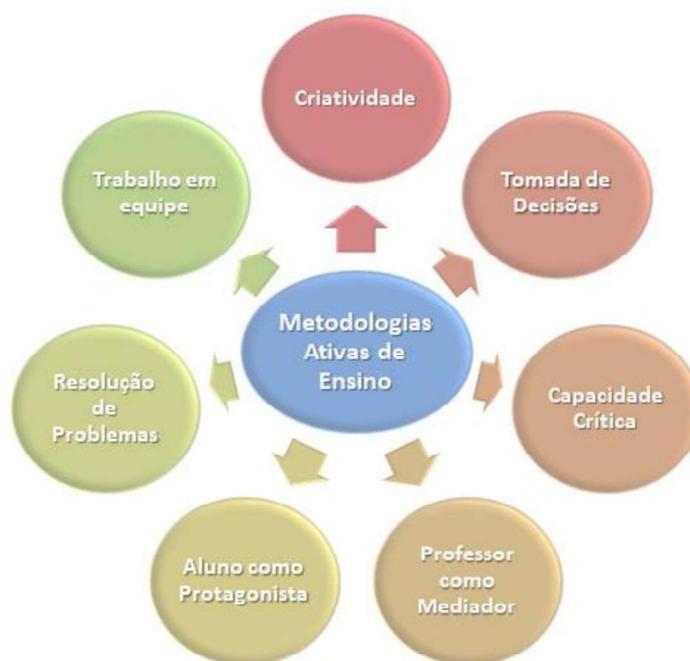


Figura 1. Características das metodologias ativas.²² (Adaptada)

De acordo com a literatura, a concepção de métodos de ensino ativos não é algo novo.²³ O filósofo Jean Jacques Rousseau (1712-1778) em sua obra *Emílio*, defendeu propor aos alunos questões para os mesmos resolverem a fim de responderem perguntas por meio de experiência, mostrando os primeiros indícios de uma mudança na concepção pedagógica.²⁴

Nos estudos de John Dewey (1859-1952), as ações do aprendiz eram valorizadas com o intuito de exteriorizar suas habilidades. Sua construção metodológica se baseou no que ele chamou de “aprender fazendo” (*learning by doing*), o que converge com as ideias de Paulo Freire, pautadas na metodologia da

problematização da realidade, a fim de despertar a curiosidade e interesse do aluno, incitá-lo a questionar e, conseqüentemente, agregar novos conhecimentos.^{25,26} Além destes, pode-se citar outros pensadores, como Vygotsky, que era um defensor da aprendizagem pela interação social.^{27,28}

Alguns exemplos de aplicação de metodologias ativas são: sala da aula invertida (*flipped learning*), aprendizagem por pares (*peer instruction*) e a aprendizagem baseada em projetos (*project-base learning*).^{21,22}

Na sala de aula invertida, o conteúdo e as instruções são recebidos antes do momento da aula, utilizando, por exemplo, ambientes virtuais de aprendizagem. Em sala de aula, trabalha-se o conteúdo estudado de outras formas, como discussão em grupo, aulas práticas, entre outros. A opção de realizar exercícios *online* auxilia o professor a identificar as dificuldades de cada aluno, podendo propor atividades personalizadas. Já na aprendizagem por pares, o conteúdo também é compartilhado entre os alunos, que realizam testes individuais de múltipla escolha sobre os assuntos abordados. Os resultados analisados nortearão as ações docentes.²¹ A aprendizagem baseada em projetos, tema desta pesquisa, será abordada no tópico seguinte (3.3).

Segundo Bacich e Moran (2018)²¹, estas metodologias têm como o princípio a participação ativa dos estudantes e, em alguma delas, ele precisa propor soluções a problemas reais e pertinentes. A dificuldade é conseguir adequar os conteúdos curriculares com o nível de conhecimento adequado dos estudantes. Conseqüentemente, o professor enfrenta novos desafios, pois ocupando a função de mediador e facilitador do processo, precisa estar disponível para discussão, mesmo que envolva conteúdos que não estejam no escopo da disciplina.

Dessa maneira, o planejamento das aulas e as metodologias ativas escolhidas precisam acompanhar os conteúdos e objetivos pretendidos. Caso o educador deseje que o aluno desenvolva o seu lado criativo, é necessário que ele experimente novas possibilidades de iniciativa. Inicialmente, o planejamento das atividades demanda um tempo maior se comparado aos métodos tradicionais de ensino. Porém, depois da primeira experiência educacional realizada com uma das metodologias, esta poderá ser reproduzida em outros momentos, cabendo modificações e adequações visando à melhoria do processo de ensino e aprendizagem. É preciso compreender que os resultados advindos do uso desses métodos costumam ser a maior motivação para que o professor transforme,

gradativamente, sua metodologia tradicional de ensino para experiências inovadoras em sala de aula.^{4,21}

A aprendizagem baseada em projetos (ABP) é uma metodologia ativa que envolve alunos na resolução de problemas e no desenvolvimento de artefatos a partir de temáticas presentes no cotidiano, motivando-os a participar ativamente das aulas.⁵

3.4 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)

O princípio de que os seres humanos aprendem a partir de experiências do cotidiano, no qual se apresentam vários problemas que necessitam soluções, muitas vezes imediatas, foi a base do desenvolvimento da metodologia de ensino “Aprendizagem Baseada em Projetos” (ABP, ou PBL do inglês *project-Based Learning*).⁴

É importante citar que há uma relação da ABP com a “Aprendizagem baseada em problemas” (do inglês *problem-based learning*). Esta foi originalmente aplicada em 1960 nas escolas de medicina da *McMaster University* (Canadá) e na *Maastricht University* (Holanda) visando integrar conhecimentos, identificar e explorar novos temas e desenvolvendo habilidade de trabalho em equipe. A partir deste marco, outras áreas começaram a utilizar esta metodologia, como arquitetura, engenharias e administração, com um foco mais específico para possíveis soluções de problemas pertinentes na sociedade, que é a ABP.^{21,29} Segundo Bacich e Moran (2018: 16)²¹:

O foco da aprendizagem baseada em problemas é a pesquisa de diversas causas possíveis para um problema [...], enquanto na aprendizagem baseada em projetos procura-se uma solução específica [...]. Na prática, há uma grande inter-relação e, por isso, é frequente o uso das siglas como sinônimo.

Portanto, a ABP pode ser compreendida como uma metodologia de ensino que prevê o envolvimento dos alunos em tarefas e desafios para resolver um problema ou desenvolver um projeto que tenha ligação com a sua vida fora da sala de aula.⁴ Essa abordagem adota o princípio da aprendizagem colaborativa, fundamentada no trabalho coletivo e criativo, onde os alunos, organizados em equipes, desenvolvem habilidades de planejamento e gestão na busca da solução de problemas.³⁰

Porém, sabe-se que a prática pedagógica por intermédio do desenvolvimento

de projetos não é tão nova. De acordo com a literatura, ela surge nas primeiras décadas do século XX com John Dewey, conhecido como um dos inspiradores da ABP por defender uma abordagem de educação baseada na resolução de problemas, tendo a primeira edição do seu livro *"How do you think"* publicada em 1910. Ele enfatizava a abordagem de conteúdos a partir de experiências reais que são problematizadas a fim de estimular e mobilizar o aluno em práticas de investigação e resolução criativa.³¹⁻³³

Considerando este cenário, é fato que o uso do laboratório de ciências, no último terço do século XIX, representou um avanço no ensino de ciências, fornecendo ao aluno a correlação da teoria com o meio que o cerca. William Kilpatrick (1871-1965), seguidor de Dewey, publicou um artigo, em 1918, no periódico *Teachers College Record*, defendendo o método de projetos idealizado por Dewey, o que levava os alunos a investigarem problemas das suas próprias casas e comunidade, utilizando como recurso para aplicação da prática educativa os laboratórios de ciências naturais.³⁴

Além de John Dewey, pode-se citar outros autores que defendiam o desenvolvimento de novas práticas de ensino, tendo o aluno como protagonista da sua própria aprendizagem, como Piaget, que propôs a utilização atividades e situações-problema a fim de que os alunos realizem as tarefas aplicando seu raciocínio e levantando hipóteses para encontrar soluções para as questões propostas.³⁵

A ABP visa ir além da construção de conceitos e conteúdo, busca a partir da construção pedagógica e colaborativa, promover o desenvolvimento de atitudes e valores, conscientização dos problemas a serem solucionados, desenvolvendo a autonomia e a responsabilidade por meio da participação ativa na elaboração de ações.^{21,22}

O planejamento e a execução da ABP envolvem os elementos da ação educativa característicos do método, que são: âncora, questão motriz, processos de investigação e inovação, trabalho em equipe colaborativo, artefatos, *feedback* e revisão. A âncora é a base da pergunta a ser levantada, fornece um cenário, uma questão ou um problema que dará sustentação aos processos de aprendizagem. A questão motriz é a tarefa ou meta que está intimamente relacionada à âncora e tem por intuito despertar o interesse dos alunos na busca por soluções. Os processos de investigação e inovação preveem as atividades de pesquisa e confronto dos

conhecimentos prévios com as novas descobertas. Estes processos possibilitam o engajamento dos estudantes no trabalho colaborativo, incentivando o compartilhamento de ideias, conhecimentos e habilidades para a elaboração de artefatos. Em se tratando das relações entre aluno e professor, este se torna um facilitador da aprendizagem, o que possibilita o mesmo se envolver no projeto, não como um personagem que expõe as diretrizes, mas como um mentor dentro do processo, auxiliando com *feedbacks* e revisão do projeto. Dessa forma, há uma aproximação do educando com seu professor e com seus colegas, o que permite ao estudante a autorreflexão sobre o desenvolvimento do seu projeto e os resultados obtidos com maior flexibilidade.⁴

Portanto, de forma autônoma e colaborativa, os estudantes se envolvem em atividades de pesquisa, levantamento de dados, construção de diálogos entre os pares e com o professor, planejamento e gestão. Portanto, esta metodologia de ensino trabalha o que o aluno precisa aprender (conteúdo programático), o que deve estudar e realizar (procedimentos) e o que deve ser (habilidades, competências e atitudes), envolvendo o aluno num processo de aprendizagem mais significativo.^{4,36-}
³⁸ Esse é o desafio proposto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no que se refere às habilidades e competências do século XXI.³⁹

3.4.1 ABP e o Ensino de Química

O levantamento bibliográfico indicou que nos últimos cinco anos foram publicados 2207 artigos com o tópico ABP (“*project-based learning*”). Ao incluir “*chemistry*” como termo secundário, a base de dados elencou 452 artigos.⁴⁰ Os registros mostram o uso de metodologias ativas em disciplinas que envolvem química tanto para a educação básica como para o ensino superior.

Martins e colaboradores (2016)⁴¹ trabalharam alguns conceitos químicos no 2º ano do Ensino Médio da rede pública em Rondonópolis (MT), tendo como suporte a ABP, a fim de analisar os seguintes parâmetros físico-químicos: cloro livre, pH, ferro, amônia, sólidos suspensos, oxigênio consumido, cloretos, dureza total, alcalinidade, coliformes totais, cor e turbidez. O projeto trouxe resultados importantes para a aprendizagem dos alunos e impactou positivamente as escolas públicas da cidade, visto que os mesmos passaram a realizar um monitoramento periódico da qualidade da água nessas instituições. Outros relatos são encontrados

na literatura referente à utilização da ABP no ensino de química e de ciências na educação básica.^{42,43} Com um bom planejamento e utilizando os recursos disponíveis, a aplicação da metodologia ABP pode atender diferentes níveis de ensino, trazendo contribuições significativas para a formação dos alunos.

Lianda e Joyce (2018)⁴⁴ utilizaram a ABP em um curso técnico em Química, nas aulas de orgânica, a fim de caracterizar méis a partir dos perfis fenólicos, o que possibilitou estudar diversos conteúdos, como: funções, modelos moleculares e isômeros. Observou-se maior motivação dos alunos, obtendo-se resultados eficientes no processo de ensino e aprendizagem.

Outro artigo relata um estudo sobre a eficácia da ABP no desempenho de graduandos do curso de Química Ambiental na disciplina laboratorial de análise quantitativa, a fim de desenvolver métodos para extração e detecção de pesticidas no meio ambiente. Esse projeto permitiu o contato dos discentes com técnicas como a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) e a extração *Soxhlet*, o que viabilizou o conhecimento de técnicas que podem ser utilizadas para beneficiar atividades agrícolas, que ocorrem na comunidade próxima a eles.³⁶

Garcês e colaboradores (2018)³⁷ também utilizaram a ABP na disciplina de Bioquímica para licenciandos em Química e de Biologia, utilizando como âncora o tema “doenças metabólicas”. A ABP foi considerada uma boa estratégia de ensino segundo os autores, pois conseguiu abranger etapas importantes, como: habilidades e competências, construção do conhecimento científico, conscientização e utilização da Bioquímica para solução de problemas relacionados a essas doenças.

Diawati e colaboradores (2018)⁴⁵ incentivaram os discentes a projetar, construir e testar um fotômetro a fim de determinar a concentração de soluções com o aparelho em uma disciplina de química analítica. Os alunos desenvolveram habilidades como criatividade, planejamento e gestão de projetos. Desse modo, utilizar a ABP como metodologia de ensino é uma estratégia que motiva os discentes com tarefas e desafios autênticos, desenvolvendo habilidades e competências e tornando a aprendizagem mais significativa e preparando-os para o futuro profissional.^{4,5,46}

Esse tipo de abordagem estimula os alunos a trabalharem em grupo e, ao buscarem em conjunto a solução para o problema, cada integrante usa o seu ponto forte para cumprir as metas. Portanto, quando há articulação de ideias, o trabalho se torna motivador, pois cada membro utiliza as suas habilidades que mais se

destacam e, ao mesmo tempo, aprendem com os outros do grupo.^{4,5}

Conclui-se também, a partir dos exemplos citados, que a problemática levantada deve ser contextualizada, fazer parte da realidade do aluno ou ainda ter envolvimento emocional com este. Isso se torna importante, uma vez que o educando se sente motivado a aprender quando percebe o ensino articulado com a sua própria realidade.^{7,21}

Nesse contexto, uma das formas que potencializa o ensino e envolve o aluno no processo de aprendizagem é associar temas que estão em destaque nas mídias sociais. Pode se utilizar, por exemplo, os resíduos sólidos (RS), que se caracterizam como problemática socioambiental e permeiam a vida do aluno. Dentre estes se encontram em evidência os rejeitos de mineração e os desastres ambientais associados a estes, como: o rompimento da barragem de Fundão (MG). Portanto, esta temática pode ser aplicada ao ensino a fim de integrar desenvolvimento sustentável, ciência e educação, contribuindo para reflexão e conscientização dos alunos.⁵

3.5 Resíduos Sólidos

Historicamente, a Revolução Industrial, que se iniciou no século XVIII aumentou exponencialmente os processos industriais, contribuindo com a modernização tecnológica e com benefícios para a sociedade. Porém, este acontecimento sustentou um modelo de crescimento econômico fundamentado no “lucro a qualquer preço”, atrelado ao aumento populacional e à lógica do aumento de produção. Com essa evolução, surgiram os problemas e impactos ambientais gerados pelo ser humano no ecossistema natural e, juntamente com estes, uma atenção especial voltada para questões ambientais. Entre estes, encontra-se os RS, muitas vezes descartados de forma inadequada no meio ambiente.⁴⁷

A preocupação mundial em relação à geração excessiva de RS, especialmente os industriais, têm levantado discussões em diversos setores da sociedade.⁴⁸ A relevância estratégica da prevenção à geração de RS aumentou consideravelmente em todo o mundo nos últimos anos e vem se tornando um grande desafio para as políticas públicas ambientais.⁴⁹

Considerando esta crescente preocupação com as questões ambientais e com desenvolvimento sustentável, a Associação Brasileira de Normas Técnicas –

ABNT – elaborou normas para classificar os RS a fim de melhorar a disposição e o gerenciamento destes resíduos. Segundo a ABNT NBR 10004 (2004: 1)⁵⁰, RS são:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A definição acima aponta um aspecto de importância para o meio ambiente, visto que a norma brasileira deixa claro que para ser considerado um resíduo é preciso esgotar-se as possibilidades economicamente viáveis de tratamento ou reúso desse material. Isto converge com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)⁵¹, Lei nº 12.305 de 2010, que estabelece uma ordem de prioridade na gestão e gerenciamento dos RS, como mostrado na Figura 2 abaixo:



Figura 2. Prioridade na gestão e gerenciamento dos RS.⁵¹ (Adaptada)

Apesar da criação de diversas leis e resoluções e o esforço de órgãos fiscalizadores e que regulamentam e fiscalizam as empresas, ainda ocorrem inúmeros casos de contaminação do ambiente por rejeitos industriais lançados na biosfera ou armazenados inadequadamente. Para o efetivo gerenciamento e disposição dos RS, as normas que devem ser seguidas no Brasil são as seguintes:

- NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- NBR 10005 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos;

- NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos;
- NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos.

De acordo com NBR 10004 (2004)⁵⁰, os resíduos são classificados em:

- Resíduos classe I - Perigosos;
- Resíduos classe II – Não perigosos, subdivido em:
 - Resíduos classe II A – Não inertes.
 - Resíduos classe II B – Inertes.

Na ABNT NBR 10007 (2004)⁵² é feita a amostragem dos resíduos, cujo objetivo é a coleta de uma quantidade representativa de resíduo, visando posteriormente determinar suas características de acordo com as outras normas citadas. A amostragem de RS também associa outras normativas, como as técnicas de peneiramento e os procedimentos para análise granulométrica.^{53,54}

A ABNT NBR 10005 (2004)⁵⁵ realiza o ensaio de lixiviação, obtendo-se o extrato lixiviado a fim de diferenciar os resíduos classificados pela NBR 10004 como classe I (perigosos) ou classe II (não perigosos). Resíduos que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade são classificados como perigosos (Classe I).

Já a ABNT NBR 10006 (2004)⁵⁶ realiza o procedimento para obtenção do extrato solubilizado de RS com o objetivo de diferenciar os resíduos classificados ABNT NBR 10004 como classe II A (não inertes) e classe II B (inertes).⁵⁰ Segundo esta norma, resíduos não inertes são aqueles que podem apresentar propriedades, como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Já os resíduos inertes, da classe II B são os que não têm nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

É importante ressaltar que a classificação se faz necessária antes do tratamento destes RS, pois possibilita correta disposição, o que também é um grande desafio para órgãos governamentais e empresas no mundo, devido ao grande volume de RS gerados por atividades industriais.

Em se tratando de processos industriais, utiliza-se com frequência o termo rejeito para referir-se a um tipo de resíduo que não tem valor agregado, e que seu tratamento e recuperação não são economicamente viáveis. Neste caso, é

necessário dispor este resíduo em um ambiente adequado, como aterros sanitários e barragens de contenção, como o rejeito de mineração de ferro.

3.6 Mineração de Ferro

A mineração é um termo que compreende o processo de extração de substâncias a partir de depósitos ou massas minerais. Este setor abastece diversos tipos de indústrias, principalmente, a metalurgia, siderurgia, petroquímica e de fertilizantes, sendo a mineração de ferro uma das mais importantes atividades econômicas do Brasil, alcançando a marca de, aproximadamente, 585 milhões de toneladas extraídas de minério de ferro.⁵⁷

A indústria de mineração impacta positivamente o mercado brasileiro, mas preocupa pelo alto potencial poluidor atrelado aos processos de extração, beneficiamento, produção, transporte do minério e destinação final dos rejeitos e resíduos em barragens de contenção ou cavas de mineração.³

No processo de beneficiamento do minério de ferro, o material extraído durante a atividade mineradora é separado: o minério segue para a produção das pelotas e a mistura de água, partículas de óxidos de ferro e sílica ou quartzo – chamada de rejeito (rejeito arenoso e lama) – é descartado e fica armazenado nas barragens de contenção. À medida que o rejeito é depositado, a parte sólida se acomoda no fundo da barragem e a água decanta. A água então é drenada e tratada, com parte sendo reutilizada no processo de mineração e o restante devolvido ao ambiente.⁵⁸

A crescente demanda mundial por bens minerais, junto com o desenvolvimento tecnológico faz com que o aproveitamento de minérios de baixo teor seja economicamente viável. Esta situação conduz a uma quantidade maior de rejeitos produzidos, situação que pode dar origem a graves questões sociais e ambientais.⁵⁹ Em números, aproximadamente 380.000 toneladas de rejeito de minério de ferro descartadas diariamente em 672 barragens de rejeito no Brasil, o que corresponde a aproximadamente metade do volume obtido no processo inicial de extração.⁶⁰

3.6.1 Barragens de Contenção

Sabe-se também que as barragens de rejeito apresentam riscos significativos

referentes à estabilidade e ruptura, interferência nas águas subterrâneas, restrições para uso futuro e falhas nos sistemas de cobertura e drenagem. Portanto, o tratamento e armazenamento destes resíduos para minimizar custos e maximizar a segurança são um dos principais objetivos das mineradoras para cumprir as exigências ambientais.⁶¹

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) instituiu a classificação de barragens para disposição de resíduos e rejeitos (Tabela 1), baseada na categoria de risco e no dano potencial associado, levando em conta características técnicas, estado de conservação, confiabilidade das estruturas, deformações e recalques, entre outros procedimentos.^{61,62} Observando a Tabela 1, uma barragem com dano potencial alto e risco baixo é incluída na Classe C, por exemplo.

Tabela 1. Classificação de barragens levando em consideração a categoria de risco e o dano potencial associado.⁶² (Adaptada)

Categoria de Risco	Dano potencial associado		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	A	B	C
Médio	B	C	D
Baixo	C	D	E

De acordo com o DNPM (2019)⁶², o Brasil possui um total de 769 barragens de mineração, sendo 425 inseridas na PNSB, de acordo com suas características. A Tabela 2 mostra a quantidade de barragens de acordo com a classificação da Tabela 1.

Tabela 2. Barragens de mineração no Brasil inseridas na PNSB de acordo com sua classificação.⁶² (Adaptada)

Classificação da barragem*	Quantidade no Brasil
A	2
B	217
C	157
D	9
E	40

*Barragens inseridas na PNSB

Observa-se que a maioria das barragens no Brasil está incluída na classe B, mostrando que o planejamento para implementação e as condições de funcionamento podem ser melhoradas. A concepção do projeto de um sistema de disposição de rejeitos de mineração exige o conhecimento de todas as características dos materiais com os quais serão realizadas as obras. Além disso, o conjunto de operações da mina e também as características do meio físico no qual as obras estarão inseridas devem ser analisadas, a fim de possibilitar a maior segurança possível.

Apesar do monitoramento e esforço das empresas e órgãos reguladores, acidentes envolvendo barragens de contenção tem chamado atenção especial nos últimos anos no Brasil, como o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG) em 2015 e de Brumadinho (MG), em 2019.^{3,63}

3.6.2 Rompimento da Barragem de Fundão (Mariana, MG)

Em 5 novembro de 2015, ocorreu o rompimento da estrutura de contenção de rejeitos da barragem de Fundão, em Mariana (MG), pertencente ao conjunto de barragens da Empresa Samarco Mineração S.A. A barragem de Fundão mantinha um volume de rejeitos de aproximadamente 55 milhões de metros cúbicos classificados como sólidos, não perigosos e não inertes, ou seja, sua composição era formada basicamente por óxido de silício, óxido e hidróxido de ferro em maior concentração. Estima-se que um total de 39,2 milhões de m³ de rejeitos desceu de Fundão pelo córrego de Santarém, alcançou os rios Gualaxo do Norte e do Carmo. Ao chegar à usina hidrelétrica Risoleta Neves (usina de Candonga), 10,5 milhões de m³ de rejeitos ficaram retidos e o restante se diluiu ao longo do rio Doce.^{2,3,58,63}

A pluma de rejeitos afetou a captação direta de água no rio Doce por um período, o que comprometeu o abastecimento em nove cidades. Este desastre impactou 39 municípios nos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, comprometendo a captação direta de água no rio Doce, o ecossistema e a integridade da vida humana.^{2,58,63}

Diante desse cenário, mobilizações de órgãos públicos, instituições, centros de pesquisas e universidades alavancaram estudos a fim de criar propostas para a reutilização de resíduos para a confecção de novos produtos, em comprometimento com a inovação científica e responsabilidade socioambiental.^{60,64,65}

3.7 Alternativas Sustentáveis para o Rejeito de Mineração

Diante de toda essa problemática envolvendo os rejeitos de mineração, diversas pesquisas têm sido feitas a fim de criar alternativas para que eles tenham uma destinação adequada.⁶⁶

Um conceito muito utilizado atualmente é o de “ecologia industrial”, que visa incentivar as indústrias a criarem mecanismos que as envolvam com o meio ambiente, buscando alternativas que minimizem o impacto sobre o mesmo. Um dos princípios da ecologia industrial é tentar reduzir a devolução de resíduos à natureza, de forma que o sistema produtivo (indústrias) se integre com o ecossistema natural (meio ambiente). Pode ser que não haja um caminho economicamente viável se o processo for considerado de forma isolada, mas a integração adequada de diferentes empresas pode contribuir para que este resíduo seja utilizado para outro fim, de forma que a sua utilização como matéria-prima também reduziria a demanda por novos recursos naturais.⁶⁷

A utilização dos rejeitos de mineração como coprodutos industriais tem se tornado uma opção viável na fabricação de adsorventes, catalisadores, artefatos cerâmicos de baixo custo, tijolos e outros produtos úteis para o dia a dia e para o tratamento de outros problemas ambientais.^{64-66,68-71}

Para exemplificar, Zuccheratte e colaboradores (2017)⁶⁵ relatam a aplicabilidade do rejeito de minério de ferro arenoso e PET – Poli (Tereftalato de Etileno) - reciclado na síntese de cascalho sintético para posterior obtenção de concreto. Testes para utilização de resíduo plástico para obtenção de concreto têm sido realizados por diversos pesquisadores, mostrando a potencialidade desta aplicação e, conseqüentemente, uma possibilidade de gerenciamento desse rejeito.^{72,73}

Guimarães e colaboradores (2018)⁶⁴ estudaram a viabilidade de incorporação de rejeito de mineração para obter um geopolímero com posterior fabricação de produtos para construção civil e concluíram que as propriedades mecânicas e de resistência à compressão desta matriz geopolimérica propiciam o uso deste rejeito para tal fim.

Outro artigo relata a utilização de argila, uma das frações encontradas no rejeito de minério de ferro, para fabricação de telhas cerâmicas, tanto artesanais quanto para futura produção industrial. Os resultados obtidos neste estudo

corroboram a possibilidade de uso de resíduos como matéria-prima para fabricação de outros produtos, uma tecnologia complementar que consegue solucionar algumas problemáticas advindas do descarte e acúmulo de resíduos de processos industriais.⁶⁰

Diante das possibilidades apresentadas, e considerando que a Universidade tem a função de promover a construção do conhecimento para consolidar seu papel de responsabilidade socioambiental, trabalhar com a problemática ambiental referente à grande produção de rejeito de mineração em sala de aula é uma oportunidade de trabalhar competências e habilidades nos alunos e conscientizá-los como futuros profissionais.⁵

3.8 Rejeito de Mineração e ABP

Compreendendo os pressupostos da ABP, sua aplicação no ensino superior visa integrar a teoria à prática, contribuindo para a formação dos estudantes, diferente do que ainda se observa em algumas instituições de ensino que valorizam os modelos tradicionais, baseados na transmissão e recepção de informações. Este modelo dificulta o envolvimento do aluno no processo de ensino e aprendizagem, o que pode gerar uma dificuldade no estudante em associar o conteúdo com problemas que estão a sua volta, refletindo no seu futuro desempenho profissional.⁴⁶

Por ser um tema presente no cotidiano e por trazer reflexões socioambientais, trabalhar com a problemática ambiental referente à grande produção de rejeito de mineração em sala de aula é uma estratégia que envolve o aluno, e o motiva a pesquisar e criar alternativas viáveis para reutilização do mesmo, contribuindo com o meio ambiente. Portanto, considera-se a ABP como uma metodologia ativa que pode ser utilizada para discussão deste assunto, pois contribui para o aprendizado dos conceitos e princípios formativos, inserindo-os em atividades de resolução de problemas e de pesquisa científica.^{4,21,30}

Portanto, reitera-se a proposta desta pesquisa em utilizar no ensino superior a metodologia de ensino ABP associada ao tema RS, utilizando o rejeito de mineração de ferro proveniente do rompimento da barragem de Fundão (MG), para produzir conhecimento científico e incentivar alunos a pesquisar e propor alternativas sustentáveis para reutilização deste rejeito. Essa proposta é pertinente e inovadora, pois ainda se encontra poucos artigos envolvendo a ABP no ensino superior de

química, que propõe soluções desenvolvidas por alunos para reutilizar rejeito de mineração no desenvolvimento de novos produtos.⁵

Entretanto, como toda pesquisa educacional, a escolha de uma metodologia de ensino precisa estar acompanhada de uma metodologia de pesquisa, que norteia o pesquisador nas etapas de coleta, análise e tratamento de dados. Neste caso, por se tratar de uma metodologia ativa aplicada em uma disciplina específica do curso de química da UFES, foi escolhido o estudo de caso como metodologia de pesquisa, por ser indicado quando se quer estudar o como e o porquê de alguns eventos na investigação.⁷⁴

3.9 Estudo de Caso

O uso de *estudos de caso* é observado há muito tempo em diferentes áreas, como: antropologia, medicina, sociologia, administração, entre outros, com finalidades variadas. Na área da educação, os estudos de caso surgem como metodologia de pesquisa nas décadas de 1960 e 1970, sendo utilizado como descritivo para análise de uma unidade, seja uma sala de aula, um grupo de alunos, um professor.⁷⁵ Ainda segundo Mazzotti (2006)⁷⁵, eram apenas estudos descritivos, menos científicos e “não experimentais”. Essa situação começa a mudar por volta dos anos de 1975, em que o estudo de caso ressurgiu na educação focalizando um fenômeno particular, considerando seu contexto e suas dimensões.

Foi realizada, em 1975, uma conferência internacional em Cambridge (Inglaterra), com o tema: *Métodos de Estudo de Caso em Pesquisa e Avaliação Educacional*, onde se debateu o uso do estudo de caso aplicado no campo educacional, sendo considerado o marco da utilização desse método de pesquisa qualitativa aplicado à pesquisa educacional.⁷⁶

A utilização desta metodologia no ensino de ciências foi evidenciada em 1994 com o artigo “*Cases studies in Science – a novel method of science education*”, o primeiro artigo sobre o método publicado no *Journal of College Science Teaching*.⁷⁷ Em se tratando do estudo de caso no ensino de química, destaca-se uma seção criada pela revista *Journal of Chemical Education* chamada “*Teaching with problems and case studies*”. Esta seção compreendia situações que os alunos deveriam propor soluções que exigiam conhecimento químico e levantamento de informações sobre questões éticas, econômicas e sociais envolvidas no caso apresentado. A

partir de 1990, outras iniciativas também favoreceram a popularização do método no ensino de química, visto que muitos professores universitários publicaram seus trabalhos envolvendo esta metodologia, facilitando o trabalho de outros professores que queriam utilizar o mesmo método.⁷⁷

Yin (2010)⁷⁴ considera o estudo de caso como uma investigação empírica e sua utilização é apropriada como estratégia quando (i) se quer investigar o como e o porquê de um conjunto de eventos; (ii) o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e (iii) o foco se encontra em fenômenos inseridos em algum contexto da vida real. Autor da obra *“Estudo de Caso: Planejamento e Métodos”*, Yin (2010)⁷⁴ também considera este método como abrangente, pois engloba um processo completo, incluindo planejamento, abordagens específicas à coleta e por último, a análise de dados. Algumas características predominantes desta metodologia de forte cunho descritivo são: (i) o fenômeno precisa ser observado no ambiente natural; (ii) focaliza acontecimentos de eventos contemporâneos; (iii) o pesquisador precisa definir previamente o conjunto de variáveis; (iv) são utilizados diversos meios para coleta de dados; (v) um ou mais indivíduos são analisados e, por último e não menos importante (vi) é um sistema limitado, ou seja, tem limites, seja uma sala de aula ou um hospital, por exemplo.

Devido ao uso incorreto desta metodologia, a falta de rigor da pesquisa e, em muitos casos, fornecer pouca base para generalização científica, o estudo de caso foi olhado com certo desdém por alguns cientistas. Apesar da escolha do estudo de caso parecer fácil, a estratégia para sua realização e a delimitação da unidade-caso não é uma tarefa simples. É necessário muito cuidado para traçar os limites do objeto de pesquisa.⁷⁸

Alguns autores chamam a atenção para o processo de coleta de dados neste método de pesquisa. Gil (2009)⁷⁸ ressalta que a coleta de dados neste caso é mais complexa que em outras modalidades de pesquisa. Isso porque na maioria das pesquisas utiliza-se uma única técnica básica para a obtenção de dados, embora outras técnicas possam ser empregadas de forma complementar. O estudo de caso requer mais de uma técnica. Isso constitui um princípio básico que não pode ser descartado.

Obter dados mediante procedimentos diversos é fundamental para garantir a qualidade dos resultados obtidos neste método.⁷⁴ Estes resultados devem surgir a partir da convergência ou divergência de observações. Yin (2010)⁷⁴ acredita que

dessa maneira o estudo pode ser verdadeiramente validado, visto que coletando dados de maneiras diferenciadas, favorece a imparcialidade do pesquisador que deve atuar apenas como observador, não deixando ser influenciada por suas próprias ideologias e preconceitos.

Três princípios podem ser levados em conta para a coleta de dados. O princípio um (1) é a utilização de várias fontes de evidências, o que permite que o pesquisador se dedique a uma ampla diversidade de questões comportamentais e de atitudes.⁷⁴ Yin (2010)⁷⁴ mostra que várias fontes de evidências levam à convergência do “fato” estudado (Figura 3). Entre essas: documentos, registros em arquivos, entrevistas espontâneas, entrevistas focais, entrevistas e levantamentos estruturados, observações (direta e participante). Cabe ao pesquisador escolher entre a ampla variedade de técnicas utilizadas para coletar dados.

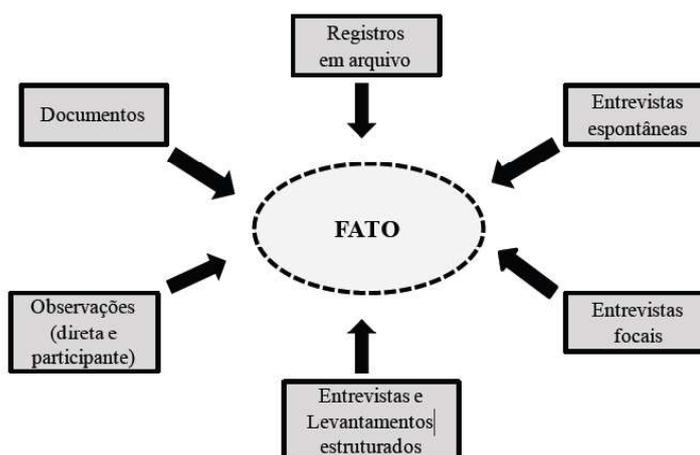


Figura 3. Convergência de Evidências.⁷⁴

O princípio dois (2) é criar um banco de dados para o estudo de caso, em duas formas: os dados recolhidos (que é a base de comprovação) e o relatório do pesquisador, sobre cada momento importante do estudo de caso. É importante observar que cada relato do pesquisador deve conter dados suficientes para que o leitor possa tirar suas próprias conclusões.⁷⁴

O princípio três (3) é manter o encadeamento das evidências com o intuito de aumentar a confiabilidade das informações. Nenhuma evidência original pode ser perdida ou ser tendenciosa por parte do pesquisador. Esse princípio consiste em permitir que um leitor, por exemplo, possa perceber uma evidência inicial e consiga fazer relação às conclusões finais do estudo de caso.⁷⁴

Portanto, se faz necessário uma análise das possíveis evidências ao realizar

um estudo de caso. Algumas estratégias são evidenciadas por Yin (2010)⁷⁴, que podem auxiliar a considerar as evidências de forma justa, produzindo conclusões que convencem e eliminar duplas interpretações.

A primeira estratégia é basear-se em proposições teóricas, ou seja, partir dos objetivos e reflexões iniciais do projeto de pesquisa que levaram ao estudo de caso. É uma estratégia que consegue responder a questões de “como” e “por que” da implementação daquele estudo de caso. É evidente que este tipo de orientação pode dar foco aos resultados que o pesquisador procura encontrar e ignorar outros, mas é preciso ter organização para que explanações alternativas possam ser examinadas, caso necessário.⁷⁴

Outra estratégia interessante é a de “*pensar sobre explicações concorrentes*”, que pode ser relacionada à primeira. É fato que a maioria dos pesquisadores espera ou ao menos desejam obter resultados condizentes com o que projetaram antes de iniciar a pesquisa. Por isso, antes de iniciar a pesquisa é interessante coletar informações sobre possíveis “outras influências” que podem interferir dos resultados esperados.⁷⁴

A terceira estratégia apontada por Yin (2010)⁷⁴ é “*descrever uma descrição de caso*”, visto que muitos autores utilizam esta metodologia de pesquisa com o propósito inicial de uma descrição propriamente dita. Na opinião do autor, as duas primeiras se sobressaem a esta, mas que é uma alternativa quando as outras apresentam certas dificuldades de uso.

4 METODOLOGIA

4.1 Desenho Metodológico

4.1.1 Tipo de Pesquisa

A presente pesquisa educacional tem abordagem qualitativa de cunho descritivo associado ao estudo de caso, tendo como suporte para tratamento de dados a Análise de Conteúdo (AC).⁷⁹

A utilização de métodos de pesquisa qualitativos vai muito além do simples “observar e anotar”. Implica em aprofundar-se em situações sociais e manter-se num papel de reflexão, atento aos detalhes, acontecimentos e interações. Essa observação, neste caso, se torna também investigativa, indo além do sentido da visão e envolvendo todos os demais sentidos.⁸⁰

Desse modo, os objetivos principais da observação qualitativa são: (a) explorar ambientes e contextos no aspecto social; (b) descrever um ambiente; (c) compreender processos, vínculos, situações, circunstâncias, eventos e padrões; (d) identificar problemas; e (d) gerar os caminhos de pesquisa.⁸¹

4.1.2 Caracterização e Contextualização do Local de Trabalho

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), instituição vinculada ao Ministério da Educação (MEC), possui quatro campi universitários no território capixaba e oferece 103 cursos de graduação presencial, ofertando aproximadamente 5000 vagas anuais. A pesquisa foi realizada no campus de Goiabeiras, situada na Av. Fernando Ferrari, nº 514, Goiabeiras, Vitória, ES. Este é o principal campus da UFES, pois concentra a maior parte dos cursos de graduação e de pós-graduação, os centros de ensino, laboratórios e projetos de extensão. No Centro de Ciências Exatas (CCE) existe o curso de licenciatura e bacharelado em Química, além do mestrado e doutorado em Química. Esta pesquisa foi realizada na disciplina “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente” (código: QUI09704), ofertada tanto para os alunos de licenciatura quanto aos alunos de bacharelado no primeiro semestre de 2018. É uma disciplina optativa, essencialmente teórica, com carga horária semestral de 60 horas. Destaca-se que esta disciplina tem como pré-requisito o aluno já ter cursado “Química Ambiental”,

que é obrigatória na grade curricular.

Foram utilizados os seguintes laboratórios localizados no Núcleo de Competências em Química do Petróleo (NCQP) da UFES: Laboratório de Águas (LabÁguas); Laboratório de polímeros (LabPol); Laboratório de raios X (LDRX); Laboratório de Espectrometria Atômica (LEA). Esta pesquisa também foi realizada no laboratório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), localizado no IC1, CCE/UFES.

4.1.3 Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos participantes da pesquisa foram doze estudantes entre 7º e 8º período do curso de Química, sendo onze (11) do bacharelado em Química e um (1) aluno da licenciatura em Química. É importante citar que a análise dos dados não tratou de avaliar variáveis externas relativas aos sujeitos de pesquisa, como: sexo, idade, traços de personalidade, entre outros.

Em função do envolvimento de humanos no estudo, o projeto de pesquisa foi inicialmente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP/UFES), conforme parecer consubstanciado que consta no ANEXO I. Para preservar a identidade desses alunos, eles serão identificados numericamente – Aluno 1 (A1), Aluno 2 (A2) – e assim sucessivamente.

Todos foram informados previamente da presença da pesquisadora que estaria observando e anotando em seu diário de bordo as ações dos alunos e atividades ao longo de toda a disciplina. Também foram conscientizados dos objetivos do estudo e as atividades que seriam propostas, sendo de livre e espontânea vontade a participação em qualquer atividade. Sendo todos maiores de 18 anos, assinaram o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que consta no ANEXO II.

4.1.4 Coleta, Tratamento e Análise dos Dados

Os instrumentos que foram utilizados para a coleta de dados na pesquisa são: questionário prévio (QP), avaliação do seminário parcial, questionário da aula sobre DRX, manuscritos entregues por cada grupo com a proposta de reutilização do resíduo, gravação de áudio das apresentações de cada grupo, perguntas orientadoras após seminário final (SF), registros fotográficos, roteiros para

separação das frações da amostra do resíduo, roteiro adaptado para laboratório da norma ABNT 10004. Quando forem utilizados fragmentos dos registros de alunos, será informado o documento e o aluno por meio de abreviatura. Exemplo: QP/A2 (fragmento retirado do questionário prévio feito pelo aluno 2).

Foram feitas transcrições de áudio das gravações realizadas, sendo mantidas as falas dos alunos, a fim de evitar dúvida interpretação. Além disso, a pesquisadora utilizou a técnica de observação direta feita ao longo da disciplina, com registros em um diário de bordo. Esta técnica é um instrumento de investigação advindo da antropologia que auxilia na identificação de comportamentos que à primeira vista podem não ser compreendidos ou observados. Essa técnica é importante, pois aproxima o investigador à realidade estudada.⁸²

Os instrumentos de coleta de dados foram construídos e validados por um processo interno do grupo de pesquisa “Ensino de Química” do programa de Pós-graduação em Química (UFES), juntamente com professores doutores que são parceiros desta linha.

A análise de conteúdo (AC) foi associada ao estudo de caso para o tratamento e análise dos dados qualitativos. A AC representa um conjunto de técnicas de análise de comunicações, tendo por finalidade explicar e sistematizar o conteúdo da mensagem e o significado desse conteúdo.⁷⁹ Este método de análise de dados é utilizado em diversas fontes de dados, como: notícias, entrevistas, relatos, entre outros.⁸³

A análise de conteúdo se organiza em três fases, sendo elas: (i) pré-análise; (ii) exploração do material; (iii) tratamentos dos resultados, inferências e interpretação. Para Bardin (1977)⁷⁹, a pré-análise começa com uma “leitura flutuante” do material, a fim de estabelecer um contato que possibilite desenvolver impressões e direcionamentos. A segunda fase, conhecida como exploração do material, consiste na codificação, onde os dados brutos são agregados em unidades, permitindo descrever as características pertinentes do conteúdo.⁷⁹

Para dar início a codificação, é preciso definir as unidades de registro, que são constituídos por palavras ou conjunto de palavras que representam respostas, sendo esperadas ou não, dos questionamentos feitos pelo pesquisador. Após análise e constatação das unidades de registros, é possível organizar cada unidade de registro em categorias, o que é chamado de categorização.⁷⁹

A categorização possibilita reunir em classes ou rubricas das unidades de

registro destacadas na codificação levando em consideração a compatibilidade nas informações, a lógica do senso comum e também a orientação teórica do analista.⁸³ O pesquisador pode optar por remanejar uma categoria para outra classe ou acrescentar uma nova classe à medida que se aprofunda e surgem novas constatações ao longo do processo.⁷⁹

Com a escolha dos elementos e categorias, a terceira e última fase pode ser iniciada. O tratamento de dados deve considerar aspectos semelhantes e diferentes. Pode-se organizar a frequência desses dados, permitindo identificar o número de vezes que determinado tema aparece nos documentos analisados e realizar o agrupamento progressivo de categorias (iniciais e finais).⁸³ As interpretações finais devem sempre se respaldar nos referenciais teóricos e, a partir delas também podem surgir novas ideias e orientações para uma nova análise.⁷⁹

Para auxiliar na análise de dados qualitativos, diversas ferramentas tecnológicas estão disponíveis para uso. Usar ou não um *software* para analisar dados qualitativos é uma questão discutida entre os pesquisadores. Alguns profissionais ainda preferem as análises convencionais, outros, porém, têm uma familiaridade maior com aplicativos e consideram essencial a utilização de um programa de análise em sua pesquisa qualitativa.⁸⁴ Yin (2016)⁸⁴ adverte que a reflexão analítica deve ser realizada pelo pesquisador, que deve estar atento se o caminho traçado pelo programa evidencia as reais características observadas ao longo do processo.

Nesta pesquisa foi utilizado o *software* acadêmico MAXqda 2020[®] para auxiliar na AC dos dados qualitativos.⁸⁵

4.2 Metodologia Educacional

Atualmente existem diversos trabalhos ressaltando a preocupação com a melhoria do ensino e formação de professores de Química, bem como a apresentação de distintas metodologias ou estratégias didáticas que melhor viabilizem os processos de aprendizagem na educação superior.

Ao longo desse Projeto de Pesquisa foram realizadas ações educacionais distintas, quais sejam: (a) aulas expositivas dialogadas preparatórias, que trataram sobre a temática geral da disciplina “Tratamentos de resíduos em meio ambiente” e alguns conceitos; (b) seminário parcial (SP), que foi a normatização técnica sobre classificação dos RS apresentada pelos alunos; (c) experimento I, em que os alunos

aplicaram as normas em laboratório a fim de classificar o rejeito investigado; (d) experimento II, em que os alunos analisaram e identificaram a composição do resíduo; (e) experimento III: realizou-se a separação das frações areia, silte, argila da amostra; (f) experimento IV com o desenvolvimento de produtos tecnológicos a partir do rejeito ou das frações obtidas e (g) o seminário final, que foi a socialização dos resultados obtidos pelos discentes.

O planejamento inicial feito pela pesquisadora e docente previa que todas as etapas, tanto experimentais, quando teóricas conversassem com os requisitos da ABP, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Planejamento da pesquisa de acordo com as etapas da ABP.^{4,5} (Adaptada)

Planejamento ABP	
Fundamentos Teóricos	Aulas preparatórias; Seminário Parcial (SP).
Âncora	Seminário sobre a problemática ambiental envolvendo o rompimento da barragem de Fundão (MG).
Questão Motriz	Como reaproveitar este resíduo sólido para confecção de novos produtos?
Processos de Investigação e Inovação	Pesquisa científica, levantamento de ideias e planejamento do projeto para reutilizar o resíduo.
Tarefas a serem cumpridas	Classificar a lama de acordo com as normas apresentadas; Identificar a composição da lama (DRX); Separação das frações; Propor uma solução para a questão motriz.
Artefatos previstos	Apresentação dos artefatos e resultados obtidos.

Todas as aulas preparatórias foram fundamentos teóricos necessários para desenvolvimento do projeto, um dos pré-requisitos da ABP. Além disso, antes de iniciar as etapas experimentais, um seminário (âncora) sobre o processamento do minério de ferro e os resíduos gerados foi apresentado pela docente, especialista na área, introduzindo a problemática ambiental envolvendo o rompimento da barragem de Fundão (MG). A introdução da âncora foi essencial para envolver os alunos e estimulá-los a realizar a parte prática (etapas experimentais I, II, III e IV). A questão motriz: “Como reaproveitar este resíduo sólido para confecção de novos produtos?” estimulou o processo de investigação (pesquisa bibliográfica) e inovação, realçando competências e habilidades do século XXI como tomada de decisão, criatividade, liderança, entre outras. As tarefas foram realizadas entre as equipes (trabalho colaborativo) com a supervisão da docente e pesquisadora, que auxiliavam os alunos com feedbacks e revisão ao longo do processo. Portanto, as atividades que serão descritas corroboram e convergem com a metodologia de ensino escolhida.

Para realização dos itens b até g, a docente pediu para que os alunos se dividissem em quatro grupos. Segundo Bender (2015) na ABP os alunos têm, em geral, algum poder de escolha em relação ao grupo e aos métodos que serão desenvolvidos no projeto. Por este motivo, a docente e a pesquisadora decidiram não interferir na escolha dos grupos, o que explica o fato de alguns grupos com quatro participantes, enquanto outros tinham uma quantidade menor de alunos (Tabela 4). Os grupos serão nomeados de Grupo A, Grupo B, Grupo C e Grupo D.

Tabela 4. Divisão dos grupos para realização das atividades propostas no planejamento. Dados da pesquisa.

Grupo	Alunos
A	Alunos de 1 a 3
B	Alunos de 4 a 7
C	Alunos 8 e 9
D	Alunos de 10 a 12

No início do semestre, cada discente respondeu o QP (ANEXO III), com intuito de coletar maiores informações a respeito das características gerais da turma, o conhecimento prévio sobre RS, além de mapear o motivo de estarem realizando aquela disciplina optativa.

4.2.1 Aulas Preparatórias

O objetivo da disciplina é que os alunos compreendam conhecimentos técnicos específicos, entre os quais estão:

- Saber como definir e classificar RS;
- Conhecer os tipos de resíduos gerados: industrial, residencial, laboratórios e o descarte;
- Entender os tipos de tratamento e disposição final dos resíduos;

Portanto, para que os alunos alcancem essa aprendizagem, o conteúdo programático da disciplina foi dividido nos seguintes tópicos:

1. Resoluções CONAMA;
2. Resíduos Sólidos;
3. Tratamento Biológico de Resíduos;
4. Tratamento de Resíduos Industriais;
5. Biotecnologia Ambiental;

6. Produtos Químicos e Periculosidade;
7. Resíduos de Laboratório;

Pode-se considerar que a docente utilizou a aula expositiva dialogada ao longo da disciplina a fim de explanar o conteúdo e preparar o aluno para a execução do projeto. Anastasiou e Alves (2006)⁸⁶ consideram a aula expositiva dialogada como uma estratégia de ensino que vem para superar a “tradicional palestra docente”, pois ela valoriza os conhecimentos prévios do discente e propicia o compartilhamento de novas informações.

4.2.2 Seminário Parcial

Este seminário parcial (SP) foi realizado para que os alunos tivessem conhecimento da norma ABNT NBR 10004 (2004)⁵⁰ e outras a ela relacionadas, que possibilitam a classificação do RS. Portanto, esta etapa aproximou os alunos das normatizações técnicas sobre a diferenciação entre resíduo sólido perigoso (classe I), ou não perigoso (classe II); dentre os não perigosos, classificá-los como: não inerte (II A) e inerte (II B).

A Tabela 5 mostra o tema referente a cada grupo, sorteado aleatoriamente em sala de aula. O SP consiste em uma apresentação, de aproximadamente 20 minutos, em *PowerPoint*, sendo o professor o mediador, que observará cada grupo e aluno individualmente. Foram utilizadas duas aulas de 50 minutos para esta etapa, com duas apresentações em cada aula, considerando os questionamentos finais feitos pela docente e pelos colegas de classe.

Tabela 5. Distribuição dos temas do seminário parcial. Dados da pesquisa.

Grupo	Norma Escolhida	Título da Norma
A	ABNT NBR 1007:2004 ⁵²	Amostragem de RS
B	ABNT NBR 1005:2004 ⁵⁵	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de RS
C	ABNT NBR 1006:2004 ⁵⁶	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de RS
D	ABNT NBR 7181:2018 ⁵⁴	Solo - Análise granulométrica

Após a apresentação de todos os grupos, os sujeitos envolvidos na pesquisa

responderam um teste para verificação de conhecimentos: Avaliação dos Seminários Parciais - SP (ANEXO IV).

4.3 Metodologia Experimental

As etapas experimentais que serão aqui descritas foram realizadas ao longo da disciplina e em concomitância com a metodologia educacional. Por isso, a metodologia experimental desta pesquisa inclui não somente os procedimentos feitos em laboratório, mas a visão da pesquisadora de todo o processo e as etapas educacionais realizadas.

4.3.1 Etapa Experimental I – A Norma na Prática

Na finalidade de tentar aproximar a parte teórica da prática, foi desenvolvido com os alunos a Etapa Experimental I, em que os alunos foram conduzidos ao laboratório para colocar em prática tudo que foi explicado no SP e nas aulas expositivas, somado ao conhecimento prévio adquirido ao longo da graduação (disciplinas anteriores, como a química ambiental, análise instrumental, além de experiência laboratorial com iniciação científica e estágio). Utilizou-se, para esta etapa, uma amostra de rejeito oriunda do rompimento da barragem de Fundão, na unidade de Germano, em Mariana (MG), que foi coletada na hidrelétrica Risoleta Neves, onde parte desta lama de mineração ficou retida (Figura 4). A hidrelétrica, também conhecida como Usina Candongas, fica localizada entre os municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, a 113 km de Fundão. Uma amostra de 13 kg foi enviada via correios pelo Professor Fernando Soares Lameiras, pesquisador do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), uma das unidades de Pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). O professor citado participa de um projeto UFES/UFMG (Rede Candonga) junto com a coorientadora desta pesquisa.



Figura 4. Amostra proveniente do rompimento da barragem de Fundão, coletada na usina hidrelétrica de Candongas. Arquivo pessoal.

Para a classificação do rejeito investigado, utilizou-se a norma em vigor no Brasil, a ABNT NBR 10004 (2004)⁵⁰, que tem por título: “Resíduos sólidos – Classificação”. As referências normativas relacionadas a esta norma possibilitam a classificação do resíduo investigado.

Primeiramente, realizou-se o quarteamento da amostra junto com toda a turma (ABNT NBR 10007, 2004)⁵². Vale ressaltar que a ABNT NBR 7181 (2018)⁵⁴ e a ABNT 6457 (2016)⁵³ foram utilizadas para seguir os padrões de destorroamento e peneiramento, utilizando peneiras com abertura de malha de 2 mm.

Na classificação do rejeito como perigoso (Classe I) ou não perigoso (Classe II), obteve-se o extrato lixiviado da amostra. Antes de iniciar a obtenção do extrato lixiviado, precisa-se determinar qual solução extratora deve ser utilizada, a nº 1 ou a nº 2 (ABNT NBR 10005, 2004)⁵⁵. Para isso, os alunos transferiram 5 gramas da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, usando aproximadamente 100 mL de água deionizada e agitou-se por 5 minutos em um agitador rotatório de frascos em banho-maria, à temperatura ambiente. Após este procedimento, utilizou-se medidor de pH para verificar o pH da solução. Em todos os grupos, o pH medido foi menor que 5, sendo necessário utilizar a solução extratora número 1, descrita na norma ABNT NBR 10005 (2004)⁵⁵. Considerando a lama como resíduo com teor de sólidos de 100%, transferiu-se 5 gramas da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, usando, aproximadamente, 100 mL da solução extratora nº 1. Fechou-se o aparato e foi mantido sob agitação em banho-maria durante 18 horas à temperatura de 25 °C. Após este período, mediu-se o pH e a amostra foi filtrada. Para análise de metais, de acordo com a norma citada, os filtros foram lavados com solução de HNO₃ 1,0 mol L⁻¹. Recolheu-se o filtrado em um balão volumétrico de 100 mL para posterior análise de metais.

Para classificar o rejeito como não inerte (II A) ou inerte (II B), utilizou-se os requisitos da norma ABNT NBR 10006 (2004)⁵⁶, a fim de obter o extrato solubilizado a partir da amostra. Foram adicionados em um erlenmeyer 25 gramas da amostra e 100 mL de água deionizada. Agitou-se por 5 minutos em banho-maria em um agitador rotatório de frascos. Fechou-se o recipiente e o mesmo foi mantido em repouso por sete dias à temperatura de 25 °C. Após este período, foi medido o pH da solução com posterior filtração. O filtrado foi recolhido em um balão volumétrico de 100 mL para análise de metais (também foi lavado com solução de HNO₃ 1,0 mol L⁻¹). Cada grupo realizou as etapas de lixiviação e solubilização em duplicata e com o ensaio do branco para estimar o erro associado.

As normas relacionadas citadas foram adaptadas para aula experimental e estão descritas no ANEXO V.^{50,52-56} Diante do número de análises que deveriam ser executadas para atender a norma, os experimentos aqui relatados não compreendem todos os requisitos que ela exige. A realização de todos os procedimentos de análise necessários demandaria um maior tempo de aula e procedimentos com equipamentos que o laboratório não possui.

Todos os experimentos desta etapa foram realizados no LabÁguas e os extratos de lixiviação e solubilização para quantificação dos metais Cd, Cr, Cu e Pb foram enviados para o LEA. A análise foi obtida por espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) no espectrômetro Perkin Elmer®, Modelo Optima 7000 DV (EUA). As condições operacionais do equipamento estão listadas na Tabela 6.

Tabela 6. Condições operacionais utilizadas no ICP-OES.

Condições Operacionais do ICP-OES	
Gerador de rádio frequência (MHz)	40
Potência de radiofrequência (W)	1300
Fluxo gás de plasma (L min ⁻¹)	15
Fluxo de gás de nebulização (L min ⁻¹)	0,8
Fluxo gás auxiliar (L min ⁻¹)	0,2
Taxa de aspiração da amostra (mL min ⁻¹)	1,0
Tempo de <i>delay</i> (s)	45
Tempo de limpeza (s)	35

4.3.2 Etapa Experimental II – Difractometria de Raios X

Para identificar a composição mineralógica da lama, foi realizada a difratometria de raios X (DRX) utilizando o difratômetro D8 Discover da Bruker®, equipado com grafite e monocromador de feixe difratado com radiação de Cu-K α . Os dados foram coletados em um intervalo angular de varredura em 2θ min⁻¹, de 15°-95°, com passo angular de 0,01° e tempo de contagem de 2 segundos. Esta etapa foi realizada pelo técnico do LDRX. A tarefa dos alunos neste experimento foi analisar o resultado do difratômetro da composição da lama de acordo com as fichas cristalográficas do *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (1980)⁸⁷, sendo apresentados no SF.

Além disso, foi ministrada uma aula de difratometria de raios X sobre os princípios da técnica e como interpretar os difratogramas obtidos, sendo aplicado um questionário com perguntas objetivas ao final da aula (ANEXO VI).

4.3.3 Etapa Experimental III – Separação das Frações

A etapa experimental III consistiu na separação das frações contidas no rejeito investigado. Como explicado em aulas expositivas pela docente, o rejeito proveniente do rompimento da barragem de Mariana (MG) era composto de areia, silte e argila. Portanto, cada grupo fez a separação dessas frações durante algumas aulas que ocorreram no laboratório e também em horários extraclasse. Essa etapa ocorreu com auxílio de um roteiro adaptado para experimentos laboratoriais (ANEXO VII) a partir das normas relacionadas.^{53,54}

As etapas de quarteamento, destorroamento e peneiramento já haviam sido realizadas no experimento I. Para separação da fração areia, foi transferido 25 gramas da amostra para um béquer (400 mL) com 100 mL de água alcalina. Para dispersar a amostra utilizou-se a banho ultrassônico UltraCleaner da Unique® 1400A por 10 minutos para que partículas menores que 2 mm se desprendessem dos fragmentos mais grossos. Deixou-se a solução em repouso por 4 segundos para cada cm de suspensão, o que propiciou a sedimentação da areia. Separou-se a suspensão da areia com uma peneira de 0,053 mm. Lavou-se a areia sedimentada com água para que ficasse livre de silte e argila e colocou a areia para secar a 110 °C na estufa e posterior pesagem.

Para separar o silte da argila, transferiu-se a suspensão para uma proveta de

1000 mL (com tampa) e seu volume completado, usando água alcalina. Após agitação, a solução ficou em repouso por 42 minutos para cada centímetro de suspensão, segundo a lei de Stokes. A suspensão sobrenadante (argila) foi sendo transferida para um balde à medida que o silte sedimentava. O sedimento foi para a estufa (110 °C) e pesado.

Em seguida, foi adicionado HCl 1 mol L⁻¹ para ajustar a suspensão ao pH 4 (floculação da argila). Foi realizada sifonação para descartar o líquido sobrenadante. Após adicionar água destilada, o material foi centrifugado, secado e pesado.

Os resultados obtidos nesta Etapa Experimental foram registrados em diário de bordo e com registros fotográficos. Esta etapa foi realizada no LabÁguas e também no laboratório do PIBID.

4.3.4 Etapa Experimental IV – Desenvolvimento de Artefatos

Na etapa experimental IV, cada grupo deveria transformar a lama (rejeito de mineração) proveniente do desastre ambiental em um produto com valor agregado, sendo avaliada a capacidade investigativa e criativa dos alunos. Cada grupo utilizou os conhecimentos adquiridos na disciplina e ao longo da graduação, juntamente com as experiências de Iniciação Científica e algumas habilidades inerentes ao processo.

Portanto, esta fase da pesquisa teve como objetivo responder à questão motriz apresentada em sala de aula: Como reaproveitar este resíduo sólido para confecção de novos produtos?

Esta etapa foi desenvolvida pelos alunos durante algumas aulas e com atividade extraclasse. A docente e a pesquisadora acompanharam a maioria das atividades realizadas pelos grupos, mesmo as que foram realizadas em períodos fora do horário da aula. Os grupos tiveram tempo de fazer breves reuniões (10-15 minutos ao final de cada aula em que já se realizava esta etapa) para conversarem entre si e decidirem o que fazer com o rejeito. As decisões também levaram em conta os diversos artigos científicos trabalhados em sala de aula durante as aulas expositivas dialogadas, além do levantamento bibliográfico feito pelos próprios alunos. Nesta etapa foi utilizado o LabÁguas e um dos grupos utilizou o LabPol.

4.3.5 Seminário Final

O Seminário Final foi a socialização dos resultados obtidos nas Etapas Experimentais I, II, III e IV. Foram duas aulas destinadas à apresentação de *slides*, além da entrega dos resultados em forma de manuscrito. Os grupos foram avaliados por todo o desempenho nas etapas experimentais e os dados para a pesquisa foram coletados ao longo dos procedimentos realizados em laboratório, em forma de registros fotográficos, perguntas direcionadas relatadas no diário de bordo da pesquisadora. Na apresentação final foram feitas algumas perguntas orientadoras para cada grupo referente à metodologia de ensino utilizada e como isso contribuiu para o desenvolvimento profissional dos mesmos, sendo registradas em gravação de áudio para posterior transcrição e análise. Para questão de identificação, qualquer dado apresentado nos resultados obtidos referente a esta etapa, será descrito pela abreviação SF.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item será dividido levando em consideração todas as etapas realizadas, desde a aplicação do questionário prévio até o seminário final. Como esta pesquisa teve como um dos objetivos conciliar uma disciplina teórica com a prática, a pesquisadora decidiu apresentar os resultados educacionais em concomitância aos resultados científicos obtidos. Portanto, apesar da metodologia estar subdividida em educacional e experimental, as análises do comportamento, fala e atitudes dos alunos, bem como as habilidades e competências trabalhadas, foram observadas também em todas as etapas experimentais. Desta forma, acredita-se ficar mais claro para o leitor associar os objetivos pedagógicos que se pretendia alcançar em cada intervenção experimental realizada.

5.1 Avaliação do Conhecimento Prévio

O questionário prévio (QP) aplicado no início da disciplina possibilitou um delineamento inicial das características acadêmicas da turma (ANEXO III). Dos 12 alunos entrevistados, onze eram do 7º período e um aluno do 8º período do curso de Química. Também foi constatado que todos os alunos já haviam se envolvido com pesquisa de iniciação científica (IC) ao longo da graduação e dois deles também realizaram estágio. Este mapeamento inicial mostrou que todos os alunos tiveram contato anterior com laboratório, o que facilitou o entendimento de alguns procedimentos laboratoriais descritos na metodologia e possibilitou a realização de muitas etapas de forma autônoma e colaborativa.

A partir do QP também foi possível relacionar a área de concentração da química e os temas das pesquisas de alguns alunos (Tabela 7).

Tabela 7. Área de concentração da química que os discentes realizaram IC. Dados obtidos a partir do QP. Dados da pesquisa.

Iniciação Científica		
Área de Concentração	Aluno	Subárea / Tema da pesquisa
Analítica	A1	Eletroanalítica
	A6	Análise de Fe e Mn
Físico-Química	A3, A7, A8 e A12	Eletroquímica
	A4	Extração de Proteínas em sistema bifásico
	A9	Precipitação de parafinas no petróleo
Inorgânica	5	MOF de terra-rara
Orgânica	2,10 e 11	Síntese orgânica

As informações apresentadas na Tabela 7 registram as respectivas áreas de concentração de IC dos alunos e na Tabela 8 estão relacionadas as áreas que definem o perfil de cada grupo formado.

Tabela 8. Grupos formados e as áreas de IC de cada aluno, por grupo. Resultado obtido a partir do QP e da Tabela 7. Dados da pesquisa.

Grupo	Alunos	Áreas de concentração de IC
A	A1 a A3	Analítica, Físico-Química e Orgânica
B	A4 a A7	Analítica, Físico-Química e Inorgânica
C	A8 e A9	Físico-Química
D	A10 a A12	Físico-Química e Orgânica

Pode-se perceber que a maioria dos grupos formados (A, B e D) possui alunos de áreas de concentração distintas, o que pode ser associado a uma diversidade de experiências laboratoriais. Essa característica foi considerada importante, pois a pesquisadora queria avaliar se a produção dos artefatos do experimento IV teria alguma relação com a área de concentração dos alunos. Considerou-se esta diversidade interna importante para o processo de aprendizagem avaliado. As experiências de cada aluno em suas respectivas (sub)áreas de conhecimento foram compartilhadas entre eles para a escolha do artefato final, o que contribuiu para um novo aprendizado dentro do grupo.

Destaca-se que os alunos do grupo C, com IC em físico-química, foram os únicos que relataram experiência anterior em estágio em indústria: (i) o A8 trabalhou

Quadro 1. Trechos das respostas da pergunta cinco (5) do QP. Dados da pesquisa.

A2: “Me interesse pelas coisas relacionadas ao meio ambiente, maneiras de tornar o mundo mais ‘limpo’, ‘verde’ e ecologicamente correto.”

A3: “Interesse pela área ambiental.”

A6: “Gosto de tudo que envolve a área ambiental.”

Outro aluno trouxe destaque ao caráter interdisciplinar desta matéria, que segundo este, consegue conectar outras áreas da química, de forma a voltar-se para a preocupação ambiental. Portanto, os alunos percebem o enfoque que tem se dado para questões ambientais, o que tem motivado o envolvimento com essas temáticas ao longo da graduação. Eles entendem que as empresas estão buscando cada vez mais soluções alternativas para seus resíduos e por isso buscam se qualificar para o mercado profissional realizando disciplinas que conciliam estas abordagens. Isto foi constatado em respostas de alguns alunos que demonstraram interesse pela disciplina, por avaliarem que ela contribui para o futuro profissional (A10 e A11), e para a escrita da monografia de conclusão de curso (A8 e A12), vide Quadro 2:

Quadro 2. Respostas da pergunta cinco (5) do QP. Dados da pesquisa.

A8: “Gosto da área de química ambiental e pretendo fazer TCC e pós-graduação nessa área.”

A10: “Ao fazer química ambiental, achei a área interessante e vi potencial de trabalhar em indústria com foco em química verde e tratamento de resíduos.”

A11: “Aprender como tratar resíduos e acrescentar isso ao currículo.”

A12: “O estudo contínuo fora da grade obrigatória do curso sobre assuntos relacionados à minha área de pesquisa.”

Isso posto, constatou-se previamente que os alunos demonstraram interesse pela temática abordada na disciplina de “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”.

5.2 Aulas Preparatórias

Embora a aula expositiva seja considerada um método tradicional, quando reelaborada na perspectiva do diálogo, ela pode se tornar um importante instrumento de trabalho, pois estimula o pensamento científico, criativo e crítico do aluno. Vale ressaltar que as aulas preparatórias serviram como fundamentos

teóricos para desenvolvimento do projeto final, conforme preconiza a ABP. Durante as aulas ministradas ao longo da disciplina foram utilizados diversos recursos didáticos, como: aula expositiva dialogada, leitura de artigos, dentre outros. Para exemplificar, serão descritos dois momentos didáticos: (i) utilização da aula expositiva dialogada; (ii) participação dos alunos, citando exemplos do que foi abordado no primeiro momento (Figura 6).

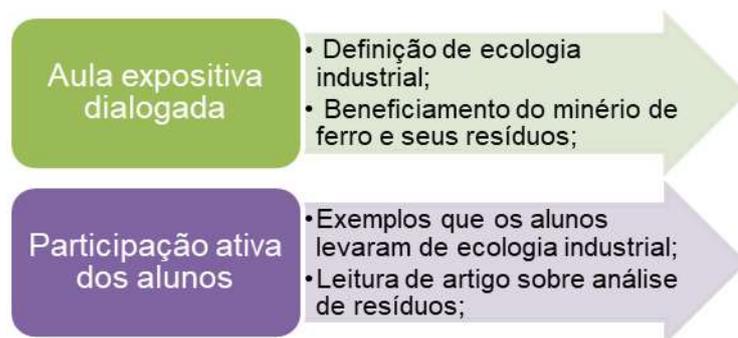


Figura 6. Exemplos de aulas expositivas dialogadas com participação ativa dos alunos. Dados da pesquisa.

No primeiro exemplo, uma das exigências na ementa da disciplina era definir e explicar o conceito de Ecologia Industrial para os alunos. A primeira aula sobre o assunto foi uma aula expositiva dialogada, com utilização de recurso visual. Neste momento, o professor explicou os conceitos de ecologia industrial e seus benefícios para o meio ambiente. Ao final da aula, como tarefa de casa, cada aluno deveria pesquisar uma aplicação do conceito abordado.

Dentre os exemplos citados, o A12 mencionou uma empresa de fabricação de impressoras que oferece um desconto de 50% na compra de uma nova devolvendo a impressora antiga. O A6 trouxe um exemplo de uma empresa de *fast food*, com treze restaurantes da rede localizados no Espírito Santo, que coletam, em média, 3.250 litros de óleo usado por mês, para destinarem à produção de biodiesel e de produtos de limpeza. O A7 citou uma empresa mineira de laticínios que produz energia elétrica a partir do biogás gerado na estação de tratamento de efluentes industriais da própria empresa. Esta energia é utilizada para manutenção de toda a estação citada além de uma parte retornar para a fábrica e ser utilizada como combustível para a geração de vapor na caldeira, reduzindo em torno de 600 toneladas de biomassa por mês. O A2 mencionou uma serralheria que utiliza resíduo produzido (pó) para construção civil, em substituição de uma porcentagem de areia.

Outros exemplos citados pelos alunos também foram muito interessantes, pois alcançaram o objetivo proposto, que era demonstrar como a ecologia industrial pode funcionar na prática.

Na segunda aula expositiva dialogada (Figura 6) explicou-se sobre o processo de beneficiamento do minério de ferro, bem como funcionam as barragens de contenção do rejeito e suas características, utilizando recursos visuais. Com o intuito de aprofundar o tema, foi discutido o artigo intitulado: “Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: Estudo de Caso da Barragem de Germano”.⁸⁸ Este artigo avaliou amostras de RS da barragem que coleta os efluentes do tratamento de minério de ferro do Complexo de Germano, em Mariana (MG). Estas amostras foram classificadas de acordo com as normas ABNT 10004, 10005, 10006 e 10007, o que contribuiu para a preparação do SP organizado pelos alunos.^{50,52,55,56} A discussão do artigo foi um complemento muito importante, pois tratou dos assuntos expostos na aula anterior: poluição e contaminação; processamento do minério de ferro; composição química do minério; resultados de testes de lixiviação e solubilização, entre outros. Estes foram dois exemplos abordados na disciplina. A seguir, tem-se o registro do relato anotado no diário de bordo ao término da aula (Quadro 3):

Quadro 3. Relato registrado em diário de bordo (A4) referente às metodologias utilizadas. Dados da pesquisa.

A4: “Eu gosto das aulas que nós participamos com reportagens e debates.”

Pode-se inferir que a utilização de metodologias diferenciadas durante as aulas contribui satisfatoriamente com o aprendizado. Os alunos demonstram maior interesse, pois participam de forma ativa em sala de aula. Outra observação importante é que esta forma de trabalho também se aplica em outros níveis de ensino, visto que os alunos têm acesso facilitado a sites de pesquisa.⁸⁹ Além disso, o professor pode utilizar outros recursos disponíveis, como a sala de informática.

5.3 Seminário Parcial

O seminário parcial foi realizado com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre as normatizações técnicas, visto que eles utilizariam estas normas nas etapas experimentais. A norma que cada grupo iria apresentar também foi sorteada em sala de aula, como citado na metodologia e na Tabela 5. As apresentações dos grupos

foram gravadas em áudio e transcritas para análise.

O grupo A ficou com a ABNT NBR 10007 (2004) e apresentou de forma clara as informações contidas na norma. Explicaram corretamente os procedimentos da norma: (i) qual o objetivo da amostragem; (ii) como é feito o plano de amostragem; (iii) quais as precauções com os recipientes para armazenar a amostra; (iv) como identificar/rotular a amostra. Além disso, citaram alguns requisitos específicos, como homogeneização da amostra, segurança quanto ao manuseio; preservação e tempo de armazenagem das amostras.

O grupo B apresentou a norma ABNT NBR 10005 (2004)⁵⁵, que trata dos procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de RS. O grupo explicou o objetivo dessa norma, que é diferenciar o resíduo classificado pela ABNT 10004 (2004)⁵⁰ como perigosos e não perigoso; explicou também o conceito de lixiviação, que é um processo que determina a capacidade de transferência de substâncias inorgânicas presentes no resíduo, por meio de dissolução no meio extrator; explicou o conceito de compostos voláteis e mostrou tabelas da norma, que traz todos os compostos voláteis e o número de identificação. Também fez referência aos equipamentos e aparelhagem utilizados e a composição das soluções extratoras.

O grupo C ficou responsável pela norma ABNT NBR 10006 (2004)⁵⁶, que trata dos procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de RS. O grupo trouxe algumas considerações da norma, como: a data da norma e quando foi criada, assim como a importância de observar se a norma é a mais atual. Mostrou claramente que o objetivo da norma é classificar os resíduos não perigosos em inertes ou não inertes.

O grupo D apresentou o seminário referente à norma ABNT NBR 7181 (2018)⁵⁴ e explicaram claramente o objetivo e requisitos da norma. É importante citar que esta norma tem outros documentos relacionados a ela como a ABNT NBR 6457 (2016)⁵³, que tem o título: “Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização”. Os alunos conseguiram relacionar a norma com o que seria necessário para a etapa experimental III, que abordou a separação das frações de areia, silte e argila e também com o procedimento realizado na etapa experimental I, após o quarteamento, em que a amostra foi passada na peneira.

Após o contato com as normas de forma teórica, aplicou-se a avaliação do seminário parcial (ANEXO IV) com o intuito de mapear o nível de compreensão do

que foi apresentado, uma vez que as normas estudadas seriam replicadas experimentalmente pelos alunos.

A partir das análises da avaliação do SP, metade dos alunos respondeu que tiveram um breve contato com as normas anterior a disciplina de “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”. Dentre estes, quatro (4) citaram a disciplina de química analítica quantitativa experimental II, em que analisaram uma porção do solo da UFES, que trabalharam com análise granulométrica e técnicas de amostragem, contudo não realizaram as etapas de lixiviação e solubilização. O A2 comentou que teve um breve contato, mas não citou a disciplina. O A7 relatou que o contato anterior foi na iniciação científica, ao trabalhar com processo de lixiviação de cobalto e manganês de pilhas e baterias. Estes relatos também contribuíram positivamente para a aplicação da norma na prática. Além disso, após a apresentação dos seminários, observou-se uma compreensão melhor sobre a definição de RS e sua classificação, visto que eles usaram termos específicos das normas para formular as respostas.

Ao analisar as respostas do SP (ANEXO IV), verificou-se que esta etapa conseguiu elucidar informações consideradas importantes para a formação profissional, sendo considerado por alguns alunos um diferencial para a carreira. Estes relatos podem ser verificados na Tabela 9.

Tabela 9. Respostas de alguns alunos da avaliação do SP (ANEXO IV). Dados da pesquisa.

Perguntas	Respostas de alguns alunos
Escreva quais as primeiras impressões que você teve ao ler/estudar a norma.	A1: “as impressões foram boas, uma vez que é um assunto muito importante para a profissão que escolhi.” A3: “A importância do tratamento correto visando o cuidado com a saúde pública e com o meio ambiente.”
As apresentações dos seminários te auxiliaram a compreender como funciona a classificação de resíduos nas indústrias? Justifique	A1: “Sim. Foi extremamente importante, pois caso eu vá algum dia trabalhar em indústria é “super” importante saber isso.” A4: “Sim, pois antes eu não sabia de que forma era estabelecido o tratamento necessário para cada tipo de amostra e a aparelhagem necessária e após ver os seminários pude ter uma compreensão melhor.”
Quais foram as contribuições que a apresentação deste seminário trouxe para a sua formação?	A10: “A apresentação desse seminário trouxe uma nova consciência para os assuntos ambientais e financeiros de, como químico, posso tratar um resíduo de forma economicamente viável.” A11: “Se num futuro próximo estiver numa indústria creio que terei como diferencial essas informações.”

Diante das respostas apresentadas, também fica evidente que os alunos buscam disciplinas que conciliem o conhecimento teórico com a prática e com

situações do cotidiano, pois eles entendem que desta forma estarão mais preparados para exercer a profissão. Portanto, reitera-se a importância de utilizar uma metodologia de ensino diferenciada como a ABP, que motiva os alunos com tarefas relacionadas ao mundo real e desenvolve habilidades e competências necessárias no contexto do século XXI.^{4,5,46}

Dessa forma, pode-se considerar que os fundamentos teóricos contribuíram para a realização das próximas etapas experimentais, visto que os alunos obtiveram uma melhor compreensão das normas e entenderam a importância de estudá-las.⁴

5.4 Introdução da Âncora e Questão Motriz

Antes de iniciar as etapas experimentais, seguindo a metodologia ABP, um seminário (âncora) sobre o processamento do minério de ferro e os resíduos gerados foi apresentado pela docente, especialista na área, introduzindo a problemática ambiental envolvendo o rompimento da barragem de Fundão (MG). A introdução da âncora foi essencial para envolver os alunos e estimulá-los a realizar a parte prática (etapas experimentais I, II, III e IV). A questão motriz - “Como reaproveitar este resíduo sólido para confecção de novos produtos?” - estimulou o processo de investigação (pesquisa bibliográfica) e inovação, realçando competências e habilidades do século XXI, como tomada de decisão, criatividade, liderança, entre outras (Figura 1). Portanto, as atividades que serão descritas a seguir corroboram e convergem com a metodologia de ensino escolhida.

5.5 Etapa Experimental I

Os alunos tiveram a oportunidade de aplicar experimentalmente os conceitos aprendidos na teoria. As etapas de quarteamento, lixiviação e solubilização foram realizadas em conformidade com a norma, sendo disponibilizadas algumas aulas para que os grupos realizassem os procedimentos. A docente e a pesquisadora atuaram como facilitadores da etapa experimental. Alguns grupos também se reuniram em outros horários para finalização dos experimentos, estando a docente e a pesquisadora disponíveis para sanar dúvidas.

5.5.1 Quarteamento

Após o recebimento da amostra de lama recolhida na usina de Candongas

(MG), iniciou-se a etapa de quarteamento da amostra juntamente com todos os grupos no LabÁguas. Nesta aula utilizou-se como instrumento de coleta de dados a gravação de áudio, relatos dos alunos durante o procedimento e registros fotográficos.

A docente iniciou a aula explicando a origem daquela amostra, relatando novamente sobre o rompimento da barragem de Fundão. Após uma breve introdução do assunto, os alunos deveriam realizar a etapa de amostragem do resíduo.⁵² Foi aplicada a técnica de quarteamento, que consiste numa divisão da amostra em quatro partes iguais, sendo escolhidas duas partes opostas iguais e descartadas as partes restantes. O mesmo processo deve ser realizado para as partes não descartadas até obtenção do volume desejado.

Antes de realizar a etapa de quarteamento, os alunos observaram que a amostra estava com granulometria diferenciada, necessitando de um procedimento prévio. A ABNT NBR 6457 (2016)⁵³ especifica o método para preparação de amostras de solo e procedimentos de destorroamento para posterior análise granulométrica, realizada pelo método de peneiramento em malha com abertura de 2 mm de acordo com a ABNT NBR 7181 (2018)⁵⁴. Esta norma estabelece o método para análise granulométrica, realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento. A Figura 7 mostra as etapas de preparação da amostra: destorroamento, peneiramento em malha de 2 mm e quarteamento.



Figura 7. Destorroamento (em cima, esquerda); peneiramento (em cima, direita); quarteamento (inferior). Arquivo pessoal.

Essa etapa foi realizada em uma aula de 50 minutos e ao final, cada grupo recebeu uma pequena amostra (aproximadamente 250 g) para a realização das etapas posteriores. Nesta etapa a turma se mostrou muito interessada, participando ativamente da atividade proposta.

Como se observa na Figura 7, na etapa de quarteamento foram utilizados recursos acessíveis, como: luvas, cabo de vassoura para dividir a amostra, lona, peneira e recipientes plásticos para colocar as amostras menores. Todos os materiais citados são facilmente adquiridos e substituídos por similares na aplicação da técnica. Diversos conteúdos curriculares podem ser trabalhados a partir deste experimento, como: a poluição do solo e seus efeitos; procedimento das indústrias com seus RS; operações com fração; cálculos envolvendo divisão; características do solo regional; entre outras inúmeras possibilidades.

5.5.2 Etapa de Solubilização e Lixiviação

A próxima fase da etapa experimental I consistiu na aplicação das normas ABNT NBR 10005 (2004)⁵⁵ e ABNT NBR 10006 (2004)⁵⁶. Cada grupo realizou as etapas descritas nas normas adaptadas para laboratório (ANEXO V). A Figura 8 mostra alguns grupos realizando suas etapas de solubilização e lixiviação, como a preparação inicial dos extratos lixiviado e solubilizado, o banho-maria e a medição de pH.



Figura 8. Lixiviação e solubilização (à esquerda); banho-maria (centro) e medição de pH para determinar solução extratora (à direita). Arquivo pessoal.

Cabe destacar a motivação e dedicação dos alunos na realização destas tarefas, porque os procedimentos experimentais demandaram tempo extra no laboratório, incluindo finais de semana, devido ao período necessário de agitação em banho-maria (extrato lixiviado) e de repouso da amostra (extrato solubilizado). Esse envolvimento dos discentes é uma característica marcante da ABP, pois

através de uma questão motriz, altamente motivadora, há um aumento do interesse dos alunos em completar as tarefas que lhes foram solicitadas.⁴ As amostras foram enviadas para análise de metais, que será tema do item a seguir.

5.5.3 Análise dos Metais

Após realizarem as etapas descritas acima, as amostras líquidas dos experimentos de solubilização e lixiviação foram encaminhadas para análise, pela técnica de ICP-OES. É importante citar que o resultado obtido nesta etapa provém do extrato solubilizado e lixiviado preparado pelos alunos, com auxílio da norma adaptada para laboratório para fins didáticos.

A docente enviou os resultados obtidos do ICP-OES para os alunos analisarem. Foram consideradas as análises dos elementos Cd, Cr, Cu e Pb no líquido extrator do teste de Solubilização e Lixiviação de maior relevância para a discussão sobre aspectos ambientais e toxicológicos com os alunos (Tabela 10). Para isso, os resultados foram comparados com os valores limite de lançamento diretamente no corpo receptor, obedecendo às condições e padrões previstos em relação aos fatores socioambientais.^{90,91}

Tabela 10. Análise dos elementos pela técnica de ICP-OES no líquido da solubilização e lixiviação. Dados da pesquisa.

Parâmetro	Cd	Cr	Cu	Pb
	mg L ⁻¹			
Resultado solubilização	0,0025	0,0231	0,0311	0,0143
Limite máximo no extrato solubilizado*	0,005	0,05	2,0	0,01
Resultado lixiviação	0,0277	0,0657	83,0	0,0588
Limite máximo no extrato lixiviado*	0,5	5,0	1000	1,0
Limite para lançamento de efluentes**	0,2	1,0	1,0	0,5

*Parâmetros e limites da ABNT NBR 10004 (2004).⁵⁰

**Padrão estipulado pela CONAMA nº 397 (2008).⁹¹

Nas apresentações finais, os grupos concluíram que as análises dão um indicativo de que a amostra possui características de um resíduo inerte, classe II B. Entretanto, para afirmar isso seria necessário realizar outras análises citadas na norma ABNT NBR 10004 (2004)⁵⁰, que não foram realizadas, pois demandaria um tempo maior da disciplina, que não era o objetivo principal da intervenção didática.

Os alunos discutiram e consideraram que a lama apresentava valores de Cd, Cr, Cu e Pb abaixo do limite estabelecido pela norma vigente. Eles concluíram que o resultado apresentado se deve ao fato de que a lama foi deslocada por 115 km pelo Rio Doce até a Usina hidrelétrica de Candongas, misturando-se com outros materiais.

Nesta etapa os alunos assumiram a centralidade da discussão, valorizando sua capacidade de julgamento e de tomada de decisão em relação ao descarte inadequado de um rejeito no meio ambiente.

5.6 Etapa Experimental II – DRX

5.6.1 Aula sobre a Técnica de Difractometria de Raios X

A técnica de difratometria de raios X não era conhecida pelos alunos. Desse modo, tornou-se necessário abordar os principais aspectos do equipamento e as informações extraídas dele. A docente apresentou um difratograma de uma amostra e explicou como identificar os picos característicos de acordo com o ângulo observado. Além disso, mostrou aos alunos como procurar nas fichas catalográficas os picos referentes de cada composto presente na amostra.⁸⁷

Em seguida, foi aplicado um questionário com perguntas objetivas para avaliar se a aula agregou novos conhecimentos (ANEXO VI). Referente ao conhecimento prévio sobre a técnica de DRX constatou-se que, dos onze (11) alunos presentes, quatro (4) alunos relataram não ter conhecimento anterior e sete (7) alunos afirmaram ter pouco entendimento. Diante desse resultado, observa-se a importância do docente estar atento às necessidades educacionais dos alunos, em permanente diálogo, o que favorece a relação aluno-professor.

Outro fato que chamou atenção foi que aproximadamente 36% dos alunos disseram ter condições de interpretar os dados de raios X após a aula ministrada. Este resultado foi considerado satisfatório, pois a primeira pergunta havia revelado que nenhum aluno tinha domínio ou um conhecimento mediano anterior sobre a técnica ensinada. Os alunos foram unânimes ao afirmar sobre a importância da aplicação dos conhecimentos teóricos e práticos sobre técnicas e uso de equipamentos no curso de Química.

5.6.2 Análise da Difratometria de Raios X

A análise por difratometria de raios X (DRX) feita pelos alunos permitiu identificar alguns picos característicos de hematita (Fe_2O_3) e de sílica (SiO_2) como componentes predominantes na amostra, como mostra a Figura 9 (JCPDS, 1980). O resultado converge com as fases identificadas na literatura (FIGUEIREDO *et al.*, 2020).

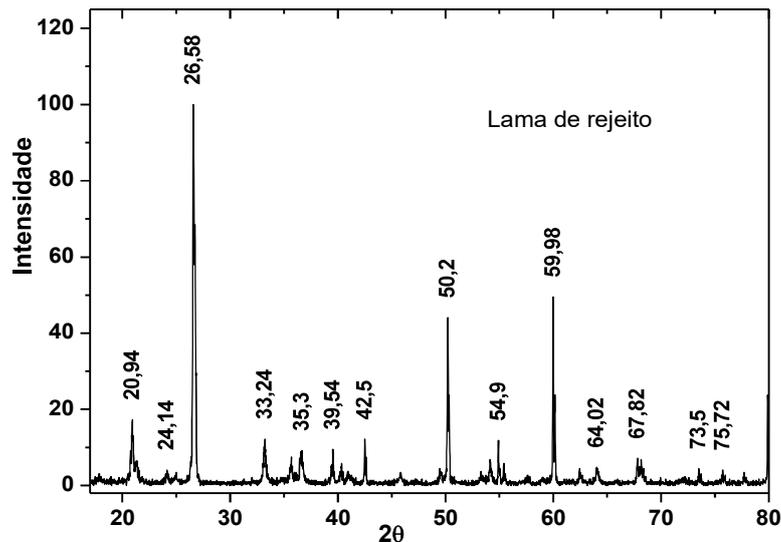


Figura 9. DRX da amostra de lama estudada. Dados da pesquisa.

O resultado mostrou aos alunos que a lama de rejeito possui características e propriedades importantes, visto que o processo de beneficiamento do minério de ferro gera um subproduto enriquecido com compostos que podem ser utilizados na fabricação de novos materiais, além de melhorar os índices de sustentabilidade ambiental pela redução do passivo da barragem de rejeitos.

5.7 Etapa Experimental III – Separação das Frações

Nesta etapa, cada grupo realizou a separação das frações de areia, silte e argila, de acordo com as normas ABNT NBR 7181 (2018)⁵⁴ e ABNT NBR 6457 (2016)⁵³. Foi utilizada a norma adaptada para laboratório para a realização deste experimento (ANEXO VII).

As frações granulométricas são descritas com base no tamanho das partículas que compõem a amostra. A Tabela 11 apresenta a composição e diâmetro das frações. A mineralogia está relacionada com o tamanho de partícula presente nas frações. O quartzo e outros minerais silicatados predominam na fração areia e

em frações mais grosseiras de silte. Silicatos primários como o feldspato, hornblenda e mica estão presentes na areia e em menores quantidades na fração silte. Minerais secundários, como óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e outros metais, são predominantes na fração silte de menor diâmetro e na fração argila.⁹²

Tabela 11. Composição e diâmetro das frações de areia, silte e argila.⁹² (Adaptada)

Composição	Diâmetro (mm)
Areia	0,05 – 2,0
Silte	0,002 – 0,05
Argila	Menor que 0,002

A primeira etapa é a de sedimentação da areia, visto que possui um maior diâmetro. A Figura 10 mostra as etapas de dispersão com o banho ultrassônico e a separação da areia dos outros componentes da amostra utilizando uma peneira de 0,053 mm.



Figura 10. Etapas da separação da areia. Arquivo pessoal.

Para a separação do silte da argila, o tempo que os grupos levaram para separação foi em média 10 dias, para retirarem o sobrenadante enquanto o silte sedimentava. As etapas podem ser observadas na Figura 11. A primeira foto (a esquerda) mostra o início do processo, em que um dos alunos transfere o material (silte + argila) para a proveta. A segunda foto (centro) representa as provetas dos quatro grupos no início do processo. Pode-se observar a areia retirada da primeira etapa nesta foto. Na terceira foto (a direita), o aluno está retirando o sobrenadante (argila).



Figura 11. Etapa experimental III – Separação de silte e argila. Arquivo pessoal.

Esta etapa evidenciou a colaboração entre os integrantes do grupo, que combinaram e alternaram entre eles a ida ao laboratório durante todo o período de separação de frações. A Figura 12 representa todas as etapas registradas pelo grupo B.

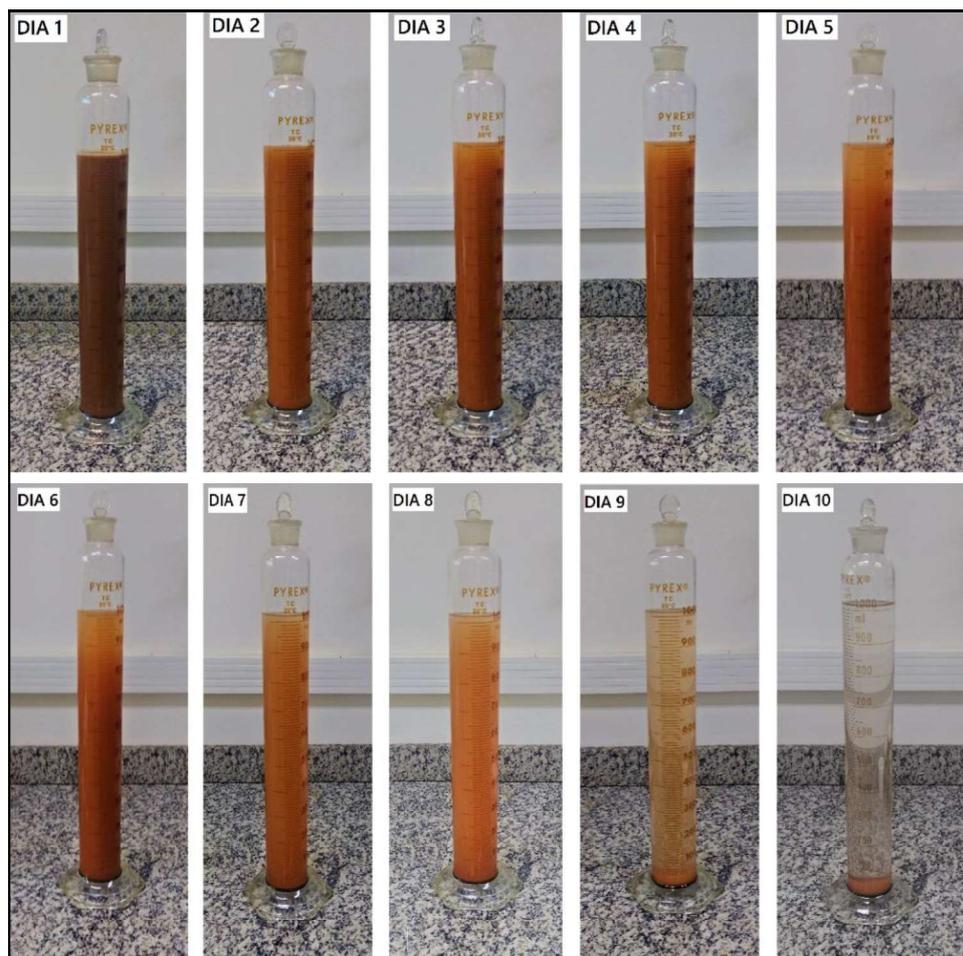


Figura 12. Etapas de separação do silte da argila do grupo B. Dados da pesquisa.

Os quatro grupos fizeram as separações das frações, a secagem das amostras obtidas e posterior pesagem. A Figura 13 mostra a lama, areia, silte e argila (da esquerda para direita) e suas colorações após a secagem.

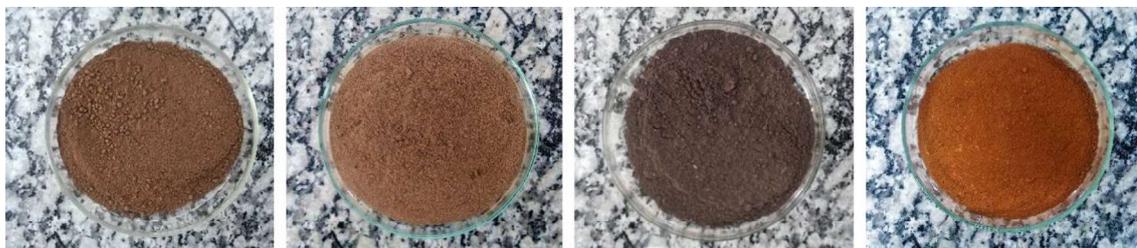


Figura 13. Em ordem (da esquerda para direita): lama, areia, silte e argila do grupo D. Dados da pesquisa.

A Tabela 12 mostra a massa de cada fração obtida pelos quatro grupos e a porcentagem média de cada fração na amostra.

Tabela 12. Massa (g) das frações obtidas por cada grupo. Dados da pesquisa.

Grupo	Areia (g)	Silte (g)	Argila (g)	Massa da amostra (g)
A	12,9344	9,0051	3,0618	25,0013
B	11,8695	10,7798	2,3381	24,9874
C	11,1297	11,6665	2,2777	25,0739
D	12,3123	10,1345	2,5532	25,0000

Observa-se que a massa de cada fração obtida pelos quatro grupos apresentou uma similaridade, o que pode indicar que os quatro grupos realizaram a tarefa de forma satisfatória. A Tabela 13 associa o diâmetro encontrado na literatura com a porcentagem média de cada fração obtida pelos grupos.

Tabela 13. Diâmetro das frações e sua porcentagem média calculada a partir dos valores da Tabela 12. Dados da pesquisa.

Composto	Diâmetro (mm)	Porcentagem (%)*
Areia	0,05 – 2,0	48,2
Silte	0,002 – 0,05	41,5
Argila	Menor que 0,002	10,3

*Obtida por média aritmética simples das porcentagens dos grupos

Com os valores médios das frações, os alunos concluíram que a amostra de lama estudada apresenta maior teor de areia. Esse fato é explicado devido ao percurso percorrido pela lama até se depositar na usina de Candonga. Dessa forma, a parte mais grosseira do rejeito de mineração ficou retida na usina e a fração mais fina (em suspensão) seguiu o curso do rio até o mar. Assim, explica-se o teor da fração argila abaixo do esperado, porque as partículas menores permanecem em suspensão enquanto que as maiores tendem a decantar gradativamente.

A pesquisadora concluiu que só foi possível os alunos identificarem este fato após a vivência deste experimento, porque conciliaram características do acidente com o tempo observado para sedimentação do silte e separação da argila, conforme se verificou em laboratório.

A separação de frações da lama despertou o interesse de dois alunos (A4 e A12) para discutir este experimento nas suas monografias de conclusão de curso. Estes relatos confirmam que a prática associada à teoria melhora a aprendizagem dos alunos. Portanto, considera-se que esta experiência educacional articulou o conhecimento teórico com a prática laboratorial, proporcionando uma melhor compreensão dos conteúdos ao abordar questões socioambientais presentes no cotidiano.

5.8 Etapa Experimental IV – Desenvolvimento de Artefatos

Os artefatos produzidos resultaram dos processos de investigação e inovação proporcionados pela metodologia ABP, pois a partir das pesquisas realizadas, os alunos compartilharam ideias e conhecimentos científicos, desenvolvendo habilidades que são inerentes ao processo de ensino e aprendizagem. Esses artefatos são os produtos gerados na execução das atividades, que representam possíveis soluções para a questão motriz.⁴ Portanto, após pesquisa em artigos científicos, os quatro grupos apresentaram formas de transformar o rejeito de mineração de ferro em novos produtos. Todos os resultados foram apresentados em forma de seminário pelos grupos, sendo avaliadas as contribuições da metodologia ABP na construção do conhecimento e na formação profissional dos alunos ao final de cada apresentação.⁵

A seguir, serão apresentados os artefatos produzidos pelos grupos. É importante citar que as técnicas e equipamentos que serão descritos nesta seção

não foram detalhados na seção 4 (Metodologia), visto que não é objetivo desta pesquisa descrever exaustivamente como os alunos obtiveram os artefatos, mas avaliar as contribuições que a aplicação da ABP trouxe para a formação do aluno.

5.8.1 Grupo A – Madeira Plástica

A madeira plástica, também conhecida como WPC (*wood-plastic composite*), surge da combinação de resíduos de madeira e materiais termoplásticos em condições específicas de temperatura e pressão.⁹³ Geralmente, utiliza-se polietileno (PE) e polipropileno (PP) como material plástico, além dos resíduos de madeira proveniente de serraria e de indústrias madeireiras.⁷⁰ O grupo A, depois de realizar pesquisas bibliográficas, propôs a rota metodológica de obtenção de madeira plástica, utilizando como matéria prima o rejeito estudado (15%), Poli (Tereftalato de Etileno) - PET (85%) e óleo de soja usado. A escolha do PET se justifica, segundo os alunos, pela facilidade de obter este resíduo nas embalagens de refrigerantes. Além disso, o grupo utilizou PET incolor para não modificar a coloração da amostra de madeira plástica.

Primeiramente, o polímero foi triturado em moinho de corte (Retsch® SM 300) com peneira de 1,0 mm, que foi misturado manualmente com a lama e óleo de soja usado. Para obtenção do molde de madeira plástica, a mistura foi inserida no funil de alimentação da extrusora Haake Minilab II da Thermo Scientific®, a 280 °C e 100 rpm, por 5 minutos. O protótipo de madeira plástica produzido apresentou coloração marrom, assemelhando-se à madeira convencional (Figura 14). Este material geralmente é coletado em um molde para assumir a conformação desejada (placas, cilindros, moedas, etc.). Porém, o grupo não utilizou o molde e o processo de prensa final pela dificuldade da disponibilidade do equipamento no LabPol. De qualquer forma, os alunos salientaram a importância da continuidade da pesquisa para aplicação em larga escala.



Figura 14. Protótipo da madeira plástica (Grupo A). Dados da pesquisa.

O óleo de soja adicionado na proporção de 5:1000 m/m (óleo:lama+PET) teve a função de aglutinar os componentes, por não sofrer volatilização durante o processo, visto que sua temperatura de fusão (340 °C) é maior do que a temperatura da extrusora (280 °C). O óleo de soja e o PET têm o caráter de insolubilidade em água, o que confere ao produto resistividade às intempéries e à umidade.

Do ponto de vista educacional, o grupo A apresentou avanços ao sugerir o uso de diferentes componentes do apresentado na literatura, o que evidenciou a capacidade criativa e de inovação.⁷⁰

Do ponto de vista técnico, um fator importante que deve ser estudado é o aumento da proporção lama:PET para preparação da amostra. Outros estudos para aplicação em maior escala precisam realizados, além dos testes que se aplicam à madeira convencional para avaliar as propriedades mecânicas, como: compressibilidade, tenacidade (flexão-impacto), entre outros.

Além disso, o experimento realizado pelo grupo A foi aplicado pela pesquisadora em outro contexto educacional com alunos de engenharia civil na disciplina de Química A experimental (UFES). Para isso, foram realizados testes complementares utilizando uma proporção maior de lama, com adaptações para aula laboratorial. Os resultados desta aplicação serão descritos no item seis (6).

5.8.2 Grupo B – Adsorventes

O grupo B realizou o tratamento térmico da lama para obtenção de adsorventes de corantes, com a finalidade de tratar efluentes de indústrias têxteis, utilizando o LabÁguas.

Segundo a literatura apresentada pelo grupo durante o SF, poucos corantes são removidos com apenas uma forma de tratamento, sendo conhecidos a coagulação/floculação, adsorção e processos oxidativos.⁶⁸ Dentre estes, a adsorção com carvão ativado é muito utilizada, mas possui um elevado custo para as indústrias têxteis. Souza e Antunes (2013)⁶⁸ relatam a possibilidade de utilizar a lama vermelha, um resíduo gerado pela indústria de alumínio durante o processo de refino da bauxita, como uma alternativa de adsorvente de baixo custo. A partir disso, o grupo B avaliou a possibilidade de utilizar o resíduo de mineração estudado como adsorvente. A etapa experimental II (DRX), que identificou óxido de ferro na amostra, contribuiu para o grupo utilizar esse composto pela sua reconhecida atividade de adsorção.⁹⁴

Utilizou-se a técnica de espectrofotometria ultravioleta e visível (UV-Vis) para medir a eficácia do adsorvente, calculando as concentrações das soluções durante o processo de adsorção. No SF, o grupo B explicou para a turma como funcionava o equipamento. O corante escolhido foi o azul de metileno, com concentração de 10 ppm, variando o pH em 2, 4, 6 e 8 e durante os tempos de 15, 30, 60, 90 e 120 minutos. O UV-Vis da marca DR5000 da Hach[®] foi utilizado no comprimento de onda de maior absorbância do corante (665 nm). A Figura 15 representa os testes de adsorção realizados com a lama tratada termicamente a 105 °C com seus respectivos tempos e valores.

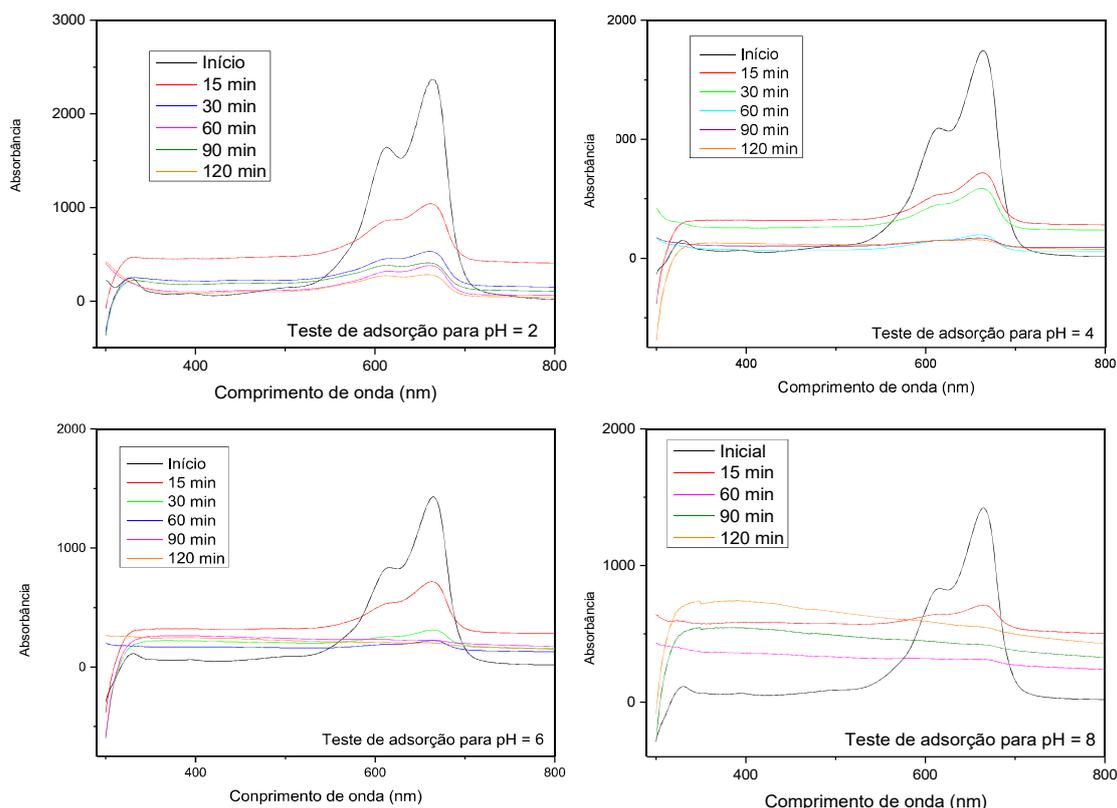


Figura 15. Testes de adsorção realizados pelo grupo B e apresentados no SF. Dados da pesquisa.

Ao analisar os espectros de UV-Vis das soluções de azul de metileno de 10 ppm, o grupo notou que o pH 4 e 6 o adsorvente teve grande eficiência, observada nos primeiros minutos. Porém, ao comparar a adsorção do tempo 15 minutos para 30 minutos, o adsorvente em pH 6 teve um resultado melhor do que o pH 4. Os alunos relataram que em pH 2 e pH 8, ao fim das 2 horas de adsorção, observou-se que a solução continuava azul, mostrando uma baixa eficiência. Logo, pelas análises que o grupo fez, concluíram que o melhor pH para a lama tratada termicamente a 105 °C é o pH 6.

Durante a realização do experimento educacional, observou-se o uso do *software* SCIDAVIS® para construção de gráficos, como verificado na Figura 15.⁹⁵ De acordo com os resultados mostrados da pergunta um (1) do QP, os alunos do grupo B realizaram IC nas áreas de analítica, físico-química e orgânica, o que explicaria seu conhecimento prévio sobre o uso do equipamento e do *software* gráfico. Estes discentes também deixaram sugestões para trabalhos futuros, como a utilização de análises termogravimétricas e DRX dos compostos tratados termicamente.⁶⁸

Os resultados desta etapa incentivaram o A4 a dar continuidade ao trabalho em sua monografia de conclusão de curso. Este aluno associou outros tipos de tratamento no resíduo (térmico e com H₂O₂), analisou dois corantes (azul de

metileno e tartrazina) além de utilizar outras técnicas de caracterização, como espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Destaca-se que as monografias produzidas a partir da aplicação desta experiência educacional são artefatos da ABP, pois são constructos de aprendizagem, apresentados publicamente e divulgados na comunidade científica.

5.8.3 Grupo C – Síntese de Ferritas

O grupo C apresentou a utilização de ferritas como catalisadores nas reações de foto Fenton em corantes têxteis. Para isso, utilizou a argila obtida na separação de frações da lama (etapa experimental III) para obtenção das ferritas. O grupo explicou no SF as características dessas reações e o procedimento realizado em laboratório.

As reações de foto Fenton são consideradas como processos oxidativos avançados (POAs) que utilizam irradiação para aumentar a eficiência da oxidação. POAs são reações de oxidação química intermediadas pelo radical hidroxila, espécie extremamente reativa e pouco seletiva.⁹⁶ O alto valor do potencial padrão desse radical faz com que este atue na oxidação de uma grande variedade de contaminantes orgânicos, podendo levar a mineralização completa desses poluentes. Os radicais hidroxila são geralmente formados a partir de oxidantes como H_2O_2 ou O_3 , sendo que sua eficiência pode ser aumentada pela combinação de irradiação, ultravioleta (UV) ou visível (VIS), e/ou catalisadores como, íons metálicos ou semicondutores.⁹⁶

O grupo seguiu as etapas descritas na literatura para obtenção das ferritas.⁹⁷ Para isso, utilizou a argila obtida na separação de frações da lama (etapa experimental III).

Após a preparação das ferritas, o grupo utilizou como fonte oxidante o H_2O_2 , o corante Guarany vivacor 09 para os testes de adsorção e a cabine de luz da marca T&M[®], modelo CL61-45s, disponível no LabÁguas. O grupo também utilizou o espectrofotômetro UV-Vis, modelo DR5000 da Hach[®] para medir a absorvância em um comprimento de onda de 515 nm nos tempos de 0, 30, 60, 90, 120, 180 e 240 minutos. Fez-se este experimento para pH de 3 e pH igual a 5, comparando-se os resultados. Estas etapas podem ser observadas na Figura 16.



Figura 16. Cabine de luz e espectrofotômetro UV-Vis realizados pelo grupo C. Arquivo pessoal.

Apesar do grupo B e C trabalharem com a problemática dos efluentes de corantes têxteis, os caminhos percorridos foram diferentes, visto que o grupo B apresentou como artefato um adsorvente preparado com a lama pura, tratada termicamente, enquanto o grupo C sintetizou as ferritas com a argila para teste posterior de absorvância. Além disso, o grupo C fixou um comprimento de onda e anotou a absorvância ao longo dos tempos fixados para avaliar qual o melhor pH para adsorção⁷¹, como mostra a Tabela 14.

Tabela 14. Dados obtidos pelo grupo C na técnica UV-Vis no comprimento de onda 515 nm. Dados da pesquisa.

pH 3		pH 5	
ABS	Tempo (min)	ABS	Tempo (min)
100	0	100	0
86,9646	30	94,75	30
78,5847	60	91,75	60
75,7914	90	91,25	90
73,1844	120	89,5	120
67,4115	180	89,25	180
64,8045	240	85,75	240
32,9609	1440	81,5	1440

Portanto, o grupo C observou a fotodegradação do corante e relacionou a variação de pH com a velocidade de degradação, obtendo uma absorvância mais eficaz com o pH 3.

5.8.4 Grupo D – Membranas Cerâmicas

O grupo D apresentou como alternativa para o reaproveitamento da lama a

síntese de membranas cerâmicas para remoção de material particulado (poeira) do ar. Essa ideia surgiu após pesquisa científica, em que a literatura relatava a obtenção de membranas com fibras cerâmicas, como a fibra mulita, composta de SiO_2 e Al_2O_3 .⁹⁸

O grupo seguiu a metodologia indicada na literatura, substituindo apenas a fibra mulita pelo resíduo, utilizando caboximetilcelulose (CMC) como dispersante, água deionizada, caulim, pó de feldspato e amido de milho.⁹⁸ A mistura foi agitada e deixada em uma estufa a 40 °C por 24 horas para secagem. Depois, o material foi levado para uma prensa a 330 °C por 5 horas para a obtenção da membrana cerâmica. A prensa utilizada pertence ao LabPol, sendo que as outras etapas foram realizadas no LabÁguas. Ao retirar o material da prensa, o grupo relatou que o material se tornou um pó, sem liga, não obtendo o resultado desejado. Um dos possíveis motivos relatados pelo grupo é relacionado à temperatura, muito abaixo do que comumente se observa na literatura para fabricação de membranas cerâmicas, por volta de 1000 °C.^{98,99}

Mesmo que não tenham obtido a membrana cerâmica desejada, a proposta do grupo D poderá apresentar resultados promissores, pois esta metodologia abre a possibilidade de substituir o hidróxido de sódio P.A. utilizado na fabricação de cerâmicas por soda cáustica. Portanto, a aplicação desta metodologia indica a possibilidade de sua substituição por outros reagentes de menor pureza.⁶⁹

Um dos integrantes do grupo (A12) deu continuidade ao trabalho realizado pelo grupo em sua monografia de conclusão de curso, realizando novos testes com temperaturas maiores para obtenção de membranas cerâmicas, o que evidencia um avanço na metodologia para novas análises.

5.9 Categorias de Análise

Os resultados obtidos nas etapas experimentais foram importantes para entender os resultados da intervenção pedagógica. Logo, o delineamento e a avaliação geral do processo fizeram-se necessários, de modo a responder aos objetivos que a pesquisa se propôs. Para isso, a “análise de conteúdo” (AC) foi associada, de modo complementar, à metodologia de pesquisa “estudo de caso” para o tratamento e análise dos dados qualitativos.

A aplicação da metodologia “estudo de caso” segue o princípio de encadeamento das evidências para aumentar a confiabilidade das informações.⁷⁴

Para isso utilizou-se a AC, que explica e sistematiza o conteúdo da mensagem e o seu significado. Os dados coletados previamente foram tratados por meio da análise categorial, consistindo no desmembramento do texto em categorias agrupadas, considerando a semelhança estrutural e semântica.⁷⁹

A formação das categorias seguiu as fases previstas por Bardin (1977)⁷⁹: a leitura flutuante e seleção do material coletado (dados do diário de bordo, questionários e transcrição de áudios) e posterior exploração através da codificação. Uma das formas de se realizar a codificação é observar a repetição de palavras e conceitos que se constituem em unidades de registro para posterior categorização desses dados.

Vale ressaltar que as categorias que serão descritas nos próximos itens são única e exclusivamente referentes a esta pesquisa, não servindo como modelo para outros estudos. Além disso, utilizou-se o *software* MAXqda 2020[®] para analisar os dados recolhidos e a análise construída. O uso deste recurso tecnológico foi vantajoso na sistematização da informação, o que facilitou a visualização dos dados, auxiliando na etapa posterior (categorização dos dados).⁸⁵

5.9.1 Categorias Iniciais

As categorias iniciais foram constituídas após as primeiras impressões observadas dos dados recolhidos, como explicado detalhadamente no item 4.1.4. O processo de codificação resultou no total de vinte e sete (27) categorias iniciais, como mostra a Tabela 15. Essas categorias surgiram a partir de trechos selecionados das falas dos sujeitos da pesquisa e das respostas aos questionários aplicados. Os dados foram inseridos no *software*, que auxiliou na estruturação das categorias.

Tabela 15. Categorias iniciais a partir da AC. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais
1. Compatibilidade com a área ambiental
2. Normas e meio ambiente
3. Responsabilidade e consciência ambiental
4. Objetivos normativos
5. Importância de estudar as normas
6. Normas para experimentação
7. Lacunas na norma
8. Repetição das normativas
9. Utilização em casos específicos
10. Tomada de decisão e adaptabilidade
11. Trabalho em equipe
12. Interesse intelectual e curiosidade
13. Resolução de problemas
14. Conhecimento prévio
15. Construção do conhecimento
16. Importância para o futuro profissional
17. Monografia de conclusão de curso
18. Viabilidade econômica
19. Disciplina optativa
20. Motivação a partir de problemas do mundo real
21. Esforço associado às tarefas
22. Interdisciplinaridade
23. Considerações positivas
24. Distanciamento entre teoria e prática
25. Dependência de profissionais e instalações
26. Inserção de prática na teoria
27. Lacuna entre teoria e prática

Visando aprimorar a análise dos dados, as categorias iniciais foram agrupadas, resultando no surgimento das categorias finais, que serão apresentadas e discutidas nas próximas sessões.

5.9.2 Categorias Finais

As sete (7) categorias finais emergiram do agrupamento de vinte e sete (27) categorias iniciais, pautadas na análise estrutural, semelhanças e conformidade com os dados que a constituíram. Elas serão apresentadas e discutidas em cada seção

deste item.

5.9.2.1 Meio ambiente

As categorias 1, 2 e 3 foram agrupadas na categoria final “Meio ambiente”, conforme mostra a Tabela 16.

Tabela 16. Categoria final meio ambiente. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de Segmento Codificado	Categoria Final
1. Compatibilidade com a área ambiental	6	SP/A1: “[...] e como eu gosto muito dessa área, resolvi fazer essa disciplina.”	1. MEIO AMBIENTE
2. Normas e meio ambiente	2	SP/A3: “A importância do gerenciamento correto visando o cuidado com a saúde pública e meio ambiente.”	
3. Responsabilidade e consciência ambiental	4	SF/A10: “[...] a disciplina estimulou de forma crítica de se pensar a respeito de como nós, químicos, influenciemos de forma positiva ou negativa o meio ambiente, algo importante para que nos formemos como profissionais conscientes.”	

Como pode ser observado, nesta categoria trata da preocupação com questões ambientais e o interesse dos alunos com assuntos relacionados ao meio ambiente.

A primeira categoria, “compatibilidade com a área ambiental”, evidencia os motivos para escolha da disciplina, citado no item 5.1 e o interesse pessoal que alguns alunos têm pela área ambiental. A segunda categoria, “normas e o meio ambiente”, indica a percepção que os alunos tiveram a respeito da importância das normas para o meio ambiente, pois visa sua correta disposição e gerenciamento. A terceira categoria, “responsabilidade e consciência ambiental”, denota a preocupação dos alunos em atuar de forma sustentável e consciente, respeitando os princípios existentes atualmente na legislação que trata da conservação do meio ambiente. Esse item é extremamente importante, pois desenvolve a competência conhecida como “responsabilidade e cidadania”, em que o indivíduo toma decisões com base em princípios éticos e sustentáveis.³⁹ Essa é uma evidência que a ABP trouxe contribuições positivas para que o aluno tenha uma nova percepção sobre a sua atuação profissional, sempre levando em consideração o meio ambiente para

tomada de decisões.

5.9.2.2 Normas e padrões

Observou-se nas respostas dos alunos a repetição das palavras “norma”, “normas”, “padrão”, “padrões” e “regras”. Logo, a categoria final “normas e padrões” emerge da necessidade de delinear as impressões e opiniões dos alunos que mais chamaram atenção a respeito das normas, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17. Categoria final normas e padrões. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de Segmento Codificado	Categoria Final
4. Objetivos normativos	9	SP/A7: “Para classificar os resíduos viabilizando as possíveis formas de tratamento. [...]”	II. Normas e padrões
5. Importância de estudar as normas	3	SP/A5: “Classificar o resíduo [...] não é uma tarefa fácil, contudo as normas são fundamentais para o tratamento adequado.”	
6. Normas para experimentação	2	SP/A6: “Vejo utilidade para usá-las em experimentos, mas não em estudos sem prática [...]”	
7. Lacunas na norma	7	SF/A8: “Que existem inconstâncias nos procedimentos adotados e deveria ter uma especificidade maior para estudo de resíduos.”	
8. Repetição das normativas	1	SP/A2: “Parece ser repetitivo para muitos procedimentos [...]”	
9. Utilização em casos específicos	2	SP/A4: “[...] a contribuição que ela trouxe foi em saber onde procurar a informação necessária caso seja requisitado.”	

Na categoria inicial quatro (4), muitos alunos mostraram o conhecimento que possuíam da norma em diversos relatos e documentos e outros conseguem entender a importância das normas para a disposição e gerenciamento adequado, visando o meio ambiente (categoria 5).

Quanto a categoria inicial seis (6), alguns alunos citam que as normas em sala de aula não deveriam ser estudadas apenas teoricamente, mas sim aplicadas em laboratório. Outro relato registrado no diário de bordo da pesquisadora indica que o A4 não compreendeu inicialmente o motivo de apresentarem as normas em sala de aula, visto que são metódicas e específicas. A seguir, após a aplicação do

experimento, este aluno percebeu que as normas servem para utilização em casos específicos (categoria 9) e entendeu a importância de estudá-las com uma aplicação experimental.

Observa-se que um número significativo de alunos relatou lacunas existentes nas normas, como pode ser observado na fala do A8 (Tabela 17) e de outros alunos (Quadro 4) durante a realização da etapa experimental I.

Quadro 4. Transcrição de áudio dos alunos referente às normas. Dados da pesquisa.

A4: “Inicialmente vi o quanto ela parecia completa, mas ao ler com mais cuidado foi possível perceber que ela tem muitas aberturas para mudanças ao levar a norma para prática.”

A8: “As normas são resumidas e não abrangem algumas particularidades que o resíduo possa ter.”

Como verificado acima, as respostas também expressaram um pensamento técnico a respeito das normas. Em certas situações particulares estas não deixam claro o modo do procedimento a ser seguido. Logo, o químico, com a sua experiência e estudo, deve estar apto a identificar estas lacunas.

Estes relatos mostram que somente a teoria, em alguns casos, não é suficiente para o desenvolvimento de algumas habilidades como o pensamento técnico e científico. Neste caso, a percepção de existência de lacunas na norma só foi possível após a vivência dos conceitos normativos em laboratório.

5.9.2.3 Habilidades e competências

Outra categoria final que surgiu de três categorias iniciais foi “Habilidades e Competências”, como pode ser observado na Tabela 18.

Tabela 18. Categoria final habilidades e competências. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de Segmento Codificado	Categoria Final
10. Tomada de decisão e adaptabilidade	1	SF/A7: “[...] e aí você tem que adaptar [...] no teste de pH a gente precisava de uma centrífuga, mas não tinha, então fizemos filtração no papel para ter um material livre de partículas para poder fazer a leitura no UV-Vis.”	III. Habilidades e competências
11. Trabalho em equipe	1	SF/A8: “A atenção dada pela professora e o trabalho em equipe fizeram desta uma disciplina completa.”	
12. Interesse intelectual e curiosidade	2	QP/A4: “Tive bastante interesse [...] e também como determinados resíduos podem ser reutilizados.”	
13. Resolução de problemas	4	SF/A8: “[...] resultou na aplicação do conteúdo ministrado que envolveu soluções para um problema muito sério que ocorreu em nosso país.”	

Segundo Bacich e Moran (2018)²¹, as habilidades e competências são trabalhadas nas metodologias ativas de ensino, o que pode ser constatado nesta intervenção pedagógica a partir das falas dos alunos selecionadas. Vale ressaltar que a observação da pesquisadora e seus registros no relato de bordo também identificam o aparecimento de habilidades e competências ao longo de todo o processo. O trabalho em equipe (categoria 11) pode ser evidenciado desde o início, com apresentação pública do SP até a apresentação do SF. O experimento IV foi o ápice da metodologia de ensino ABP, pois a questão motriz utilizada teve como objetivo inicial evidenciar e aprimorar algumas competências e habilidades do século XXI nos alunos. Observou-se um grande interesse e curiosidade dos alunos em pesquisas científicas para tentar identificar alternativas viáveis para reutilização do rejeito estudado (categoria 12), o que inclui também a resolução de um problema (categoria 13).

A aplicação da metodologia ABP permitiu identificar as características individuais dos participantes ao atuarem nos grupos, como a habilidade de liderar, a facilidade de comunicação, criatividade, o estímulo ao pensamento técnico relacionado às normas, capacidade de adaptação (categoria 10). Além disso, a capacidade de escolha dos alunos também foi claramente observada, desde a escolha dos grupos, os horários de laboratório, as decisões a respeito do produto tecnológico que seria desenvolvido, as escolhas de artigos e exemplos de

sustentabilidade levados durante as aulas expositivas dialogadas, entre outros.

5.9.2.4 Avaliação da aprendizagem

Relatos sobre a experiência possibilitaram incluir a categoria “Avaliação da aprendizagem”, relacionando o conhecimento prévio com as novas descobertas (Tabela 19).

Tabela 19. Categoria final avaliação da aprendizagem. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de segmento codificado	Categoria Final
14. Conhecimento prévio	2	SP/A7: “as contribuições foram grandes, apesar de já ter conhecimento das normas sobre lixiviação e amostragem de atividades extracurriculares e acadêmicas.”	IV. Avaliação da aprendizagem
15. Construção do conhecimento	12	SP/A4: “[...] antes eu não sabia de que forma eram estabelecidas as regras para cada tipo de amostra e a aparelhagem necessária e após ver pude ter uma compreensão melhor.”	

Como mostrado na Figura 5 (nuvem de palavras), os alunos já tinham conhecimento prévio sobre o conceito de resíduo. Além disso, alguns discentes já haviam relatado ter vivenciado em outras disciplinas as normas estudadas. Observa-se aqui também relatos de alunos que já tinham uma experiência em procedimentos laboratoriais, assim como conhecimento de algumas técnicas que foram utilizadas, como adsorção (A6), espectrofotometria (A7), entre outros. Este conhecimento prévio facilitou a utilização de alguns equipamentos, contudo o experimento educacional exigiu a busca de novas informações e a proposição de soluções para um problema real, mesmo utilizando técnicas já conhecidas. A categoria quinze (15) buscou identificar relatos que apresentavam ganhos de aprendizado, em que o aluno identificou outras possibilidades de acesso ao conhecimento. Outros relatos são citados no Quadro 5 abaixo:

Quadro 5. Relato de alunos que evidenciam aprendizado (categoria IV). Dados da pesquisa.

A1: “Aprendi como classificar um resíduo [...]. Aprendi como fazer uma amostragem de forma correta. Aprendi sobre lixiviados, entre outros.”

A8: “Aprendi as formas de amostragem de RS para obter amostras representativas (NBR 10007) e também para obter o extrato lixiviado dos RS através da NBR 10005. A NBR 10006 mostra o procedimento para extrato solubilizado.”

A10: “[...] aprendi qual tipo de agente dispersor usar, dependendo da análise que quero fazer [...].”

Portanto, de acordo com os dados recolhidos, percebe-se que os alunos entenderam as normas e sua finalidade, assim como extraíram do momento prático e teórico conhecimentos que levarão para a profissão.

5.9.2.5 Contribuições para o futuro

As categorias 16, 17 e 18 foram agrupadas na categoria final “Contribuições para o futuro”, visto que os segmentos codificados retratam o sujeito de pesquisa se posicionando como um químico (categoria 16) e realizando considerações sobre a monográfica de conclusão de curso, etapa posterior à disciplina (categoria 17), como mostra a Tabela 20.

Tabela 20. Categoria final contribuições para o futuro. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de segmento codificado	Categoria Final
16. Importância para o futuro profissional	10	SF/A12: “Esse tipo de ensino [...] ajuda muito o aluno a entrar em contato com uma rotina mais próxima com a de um químico.”	V. Contribuições para o futuro
17. Monografia de conclusão de curso	4	SF/A9: “A matéria tratamento de resíduos foi essencial para o tema da minha monografia [...]”	
18. Viabilidade econômica	1	SP/A10: “[...] trouxe uma nova consciência para assuntos financeiros de, como químico, posso tratar um resíduo de forma economicamente viável.”	

Como relatado anteriormente nos itens 5.8.2 e 5.8.4, alguns alunos se identificaram com as etapas experimentais realizadas e deram continuidade ao estudo em sua monografia de conclusão de curso. Os alunos consideraram que a disciplina trouxe contribuições para a vida profissional e pessoal. Outros relatos podem ser vistos no Quadro 6:

Quadro 6. Relato de alunos que complementam a categoria V. Dados da pesquisa.

A2: “Trouxe contribuições positivas, fazendo com que eu visse as coisas de uma maneira diferente e correta, importante para minha formação profissional e pessoal.”

A1: “[...] é um assunto muito importante para a profissão que escolhi.”

Pode-se considerar que o desenvolvimento de monografias é uma das maiores evidências de que a intervenção pedagógica realizada alcançou outros

objetivos além dos que eram esperados. Planejar uma disciplina num formato diferenciado e despertar o interesse do aluno para a pesquisa aplicado no projeto final de graduação é extremamente significativo. A aplicação da metodologia ABP demandou a criatividade do professor no planejamento das atividades propostas, bem como dos alunos na execução das tarefas.

Diante disso, estimular o aluno em sala de aula o ajudará a desenvolver algumas habilidades que serão necessárias em algum momento no mundo do trabalho. Atualmente, habilidades interpessoais são essenciais na maioria das ocupações. Ser criativo e tomar decisões rápidas de maneira correta são competências que muitos alunos precisarão desenvolver para aplicar em seus postos de trabalho. Logo, entende-se que o modelo tradicional de ensino, em que o professor transmite o conhecimento e o aluno o recebe, não é suficiente para impactar a vida profissional e até pessoal dos alunos.

O ensino superior é um dos momentos mais propícios para desenvolver habilidades que tenham sido pouco trabalhadas na educação básica. Porém, isso só será possível se houver um comprometimento do docente, pois organizar as aulas utilizando metodologias ativas requer um planejamento maior. O professor precisa compreender que no contexto de sala de aula do século XXI, o ensino é transformado em aprendizagem facilitada em vez de aprendizagem conduzida. Ela deixa de ser um consumo passivo de conteúdo e passa a ser a própria criação do conteúdo, em que os alunos se tornam agentes criativos do processo.⁴

5.9.2.6 A disciplina

A categoria final “A disciplina” emerge da necessidade de agrupar cinco categorias iniciais que tratam majoritariamente da disciplina, seus impactos e as considerações dos alunos sobre as etapas, como mostra a Tabela 21.

Tabela 21. Categoria final a disciplina. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de segmento codificado	Categoria Final
19. Disciplina Optativa	2	SF/A9: “Deveria ser uma matéria obrigatória do curso de química [...]”	VI. A disciplina
20. Motivação a partir de problemas do mundo real	1	SF/A8: “A professora conseguiu mostrar os conceitos teóricos e aplicar [...] através de projetos de pesquisa envolvendo um problema ambiental muito sério que ocorreu em nosso país.”	
21. Esforço associado às tarefas	4	SF/A4: “Sim, tivemos mais trabalho. Porém, vale a pena todo o esforço.”	
22. Interdisciplinaridade	1	QP/A7: “A interdisciplinaridade com as outras áreas da química, ambas “lincadas” com o estudo e preocupação ambiental.”	
23. Considerações positivas	9	SF/A10: “Eu posso dizer que gostei muito da disciplina.” SF/A12: “Eu achei a disciplina bastante proveitosa.”	

Os alunos relataram diversas vezes nas apresentações finais a importância de uma disciplina que concilia teoria e prática. A maioria considerou a disciplina “Tratamento de resíduos em meio ambiente” proveitosa e interessante (categoria 23). Os discentes também relataram que este formato de aula, em que o aluno constrói o próprio conhecimento, exige um maior esforço e dedicação (categoria 21). No SF alguns alunos frisaram que tiveram mais trabalho para a realização das atividades, mas reconheceram que o esforço foi recompensado, haja vista a obtenção de um artefato, fruto do trabalho deles.

De acordo com Bender (2015)⁴, o ensino na ABP requer um envolvimento e demanda mais tempo do que o planejamento de unidades de ensino tradicionais. Porém, todo o esforço no planejamento e execução é compensado pela motivação dos alunos, que dominarão não só o conteúdo curricular, mas algumas habilidades necessárias para o século XXI. Além disso, depois que tudo está planejado e aplicado, o trabalho pode ser reproduzido em outras etapas de ensino com maior facilidade.^{4,21}

5.9.2.7 Teoria e prática

Há evidências na fala dos alunos sobre a necessidade da inclusão de atividades práticas nas disciplinas teóricas. A categoria final “Teoria e prática” surgiu da codificação e categorização de quatro categorias, como mostra a Tabela 22.

Tabela 22. Categoria final teoria e prática. Dados da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades de registro	Exemplo de segmento codificado	Categoria Final
24. Distanciamento entre teoria e prática	1	SF/A6: “A gente vê uma coisa na experimental e a teórica devia relacionar com justamente o que a gente aprendeu e isso geralmente não acontece.”	VII. Teoria e Prática
25. Dependência de profissionais e instalações	3	SF/A5: “A gente queria fazer a termogravimetria (TG), mas infelizmente o equipamento não estava funcionando.”	
26. Inserção de prática na teoria	4	SF/A8: “A disciplina foi muito válida, pois deu a oportunidade de unir conhecimentos teóricos e práticos de uma forma bem equilibrada.”	
27. Lacuna entre teoria e prática	2	SF/A6: “Acho que na teoria a gente sabe como que pode classificar resíduos, mas fazer isso experimentalmente é totalmente diferente, até pra ver o que a gente precisa utilizar... quanto tempo leva para fazer... o que você tem disponível.”	

Segundo os discentes, há um distanciamento entre teoria e prática (categoria 24), o que também é observado no relato do A4, como mostra o Quadro 7, em que o aluno compara o formato da disciplina “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente” com outras disciplinas do curso.

Quadro 7. Transcrição de áudio do SF do A4, comparando a disciplina com o curso em geral. Dados da pesquisa.

A4: “[...] sei lá, geralmente a gente tem uma disciplina somente experimental ou somente teórica. Então foi bem diferente.”

O diálogo que a pesquisadora iniciou no SF do grupo B também comprovou a opinião dos alunos sobre a inserção da prática em outras disciplinas teóricas do curso de química da UFES, como pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8. Transcrição do diálogo entre pesquisadora e alunos do grupo B durante a apresentação do SF. Dados da pesquisa.

Pesquisadora: E para outras disciplinas vocês acham viável conciliar o que é aprendido na teoria com a prática?

A7: Isso é viável no curso inteiro de Química no Geral, porque a gente tem uma vivência muito teórica, mas não tem uma vivência prática e a gente tá saindo formado daqui com o bacharel em química. Então, boa parte vai seguir carreira acadêmica e a outra parte é voltada para um universo industrial. Só que a gente não tem essa habilidade de chegar talvez num lugar e ter o domínio sobre as técnicas porque justamente a gente não teve contato. Com algumas sim, mas com outras (*pausa*).

A6: O que eu vejo que acontece aqui é que às vezes, na mesma disciplina, uma teórica e a outra experimental, elas não andam juntas. A gente vê uma coisa na experimental, e a teórica devia relacionar com justamente o que a gente aprendeu e isso geralmente não acontece. Então o curso como um todo é muito teórico.

Pesquisadora: Entendi.

Segundo Bacich e Moran (2018)²¹, experiências desenvolvidas na prática, apoiadas na teoria, podem ser tornar referências e influenciar situações posteriores na vida do aluno. Isto é percebido na fala do A7 (Quadro 8), que relaciona o contato com as técnicas na graduação e a habilidade de dominá-las em outros momentos da carreira profissional. A opinião dos alunos também converge com as diretrizes curriculares para os cursos de graduação no Brasil, que tem como um dos princípios fortalecer a articulação da teoria com a prática, valorizando a pesquisa científica.^{10,11}

Entretanto, apesar dos alunos considerarem importante a inserção de prática na teoria, algumas dificuldades foram encontradas. No caso da presente pesquisa, a produção dos artefatos demandou uso de laboratórios. Os discentes dependiam da disponibilidade dos equipamentos para realizar a etapa laboratorial.

Há relatos de três grupos referentes aos equipamentos que não estavam funcionando adequadamente, como é o caso do grupo B relatado na Tabela 22 (categoria 25). O grupo A também relatou a dificuldade de conciliar os horários do grupo com a disponibilidade do equipamento, impossibilitando a realização de uma das etapas para obtenção da madeira plástica moldada. Porém, os benefícios de conciliar teoria e prática no ensino se sobrepõem às dificuldades encontradas no percurso.

A inserção da prática em disciplinas teóricas (categoria 26) teve grande receptividade por parte dos discentes, pois os relatos indicaram que aplicar

experimentalmente os conceitos normativos gera uma segurança maior, caso eles tenham que aplicar esta norma no contexto profissional, como mostra o relato do A4 no Quadro 9:

Quadro 9. Transcrição de áudio (A4) sobre a aplicação das normas na prática. Dados da pesquisa.

A4: Pois é, se pegar uma situação lá fora, num emprego como esta aqui e se eu não tivesse visto e colocado a mão para fazer na prática, seria muito mais difícil, eu teria muita dificuldade em fazer.

A categoria 27 mostra que alguns alunos perceberam que a situação real exige delimitar uma série de fatores que passam despercebidos quando estudados teoricamente, o que corrobora para a necessidade de agregar prática à teoria. Além disso, a docente relatou que o uso da metodologia ABP envolveu e motivou os alunos, de modo que o experimento educacional serviu de referência para o planejamento da disciplina em aplicações posteriores.

5.10 Considerações Gerais sobre a Metodologia ABP

Diante de tudo que foi observado, pode-se inferir que o uso da metodologia ABP desenvolveu habilidades e reflexões para o futuro profissional. A Tabela 23 abaixo mostra as contribuições observadas a partir da ABP de acordo com relatos dos alunos no SF.

Tabela 23. Contribuições gerais da ABP para a formação profissional e construção do conhecimento.⁵

Contribuições ABP	Relatos do Seminário Final
Resolução de problemas	A8: “[...] proposta de avaliação não baseada em reproduzir conteúdo ou questão de exercícios, mas saber aplicar e resolver problemas utilizando os conhecimentos ao longo do curso.”
Trabalho em equipe	A9: “A atenção dada pela professora e o trabalho em equipe entre os alunos fizeram desta uma disciplina completa [...].”
Adaptabilidade	A7: “Trabalhando dessa forma, a gente reconhece que a teoria muitas vezes para aquele procedimento específico não é muito adequada e aí você tem que adaptar.”
Pensamento técnico	A4: “E como as normas são restritas e podem levar a erros em alguns casos, pois alguns itens não consideram particularidades que os químicos devem estar aptos a identificar.”
Integração de Teoria e Prática	A12: “Então esse tipo de ensino que traz a parte prática pra sala é bastante importante e ajuda muito o aluno a entrar em contato com uma rotina um pouco mais próxima a de um químico.”
Construção do conhecimento	A8: “Esse tipo de abordagem abrange metodologias de ensino que deveriam ser aplicados em todas as disciplinas, pois o aluno aprende através da construção do conhecimento.”
Motivação a partir de problemas do mundo real	A9: “A professora conseguiu mostrar os conceitos teóricos e aplicar, não apenas por aula prática, mas através de projetos de pesquisa envolvendo um problema ambiental muito sério que ocorreu em nosso país.”
Conceitos prévios e as novas descobertas	A6: “Mas de qualquer forma é muito legal porque a gente tem tipo um material para dar uma finalidade diferente, a gente aprende que esses resíduos e rejeitos podem ter uma finalidade e não simplesmente o descarte.”

As análises de algumas falas indicam o desenvolvimento de habilidades e competências ao longo do processo, tornando a aprendizagem mais significativa. A capacidade de resolver problemas é uma das habilidades mais trabalhadas na ABP, pois os alunos precisam trazer soluções para a questão motriz. Como mostrado, todos os grupos conseguiram apresentar possíveis soluções a partir de pesquisa científica, levantamento de ideias, planejamento e gestão, o que desenvolveu sua criatividade e capacidade de resolução de problemas.

Desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe também é uma das habilidades mais importantes adquiridas na ABP, sendo crucial para o desempenho de atividades profissionais.⁴ Esta habilidade foi presenciada desde a apresentação das normas até as soluções propostas para a questão motriz. O trabalho colaborativo evidenciou os pontos fortes de cada integrante da equipe, como o espírito de liderança, a capacidade de organização, função executiva e capacidade de escutar.

Além disso, os grupos tiveram que adaptar normas de acordo com os equipamentos disponíveis no laboratório, o que trabalhou a habilidade de tomada de decisão, capacidade de adaptação e mudanças no percurso. O pensamento técnico

e científico também foi estimulado, visto que os alunos identificaram que a norma não abrange certas especificidades. Esta habilidade é muito importante, pois permite a identificação de erros e a formulação de novas hipóteses e regras.

Portanto, os resultados obtidos mostram que a utilização da metodologia de ensino ABP motivou os alunos a buscarem soluções ambientais tendo como base o conhecimento científico adquirido durante o experimento educacional e ao longo da graduação.

A seguir, será apresentada outra intervenção pedagógica que resultou do artefato produzido pelo grupo A, a madeira plástica. A produção deste artefato se tornou diferenciada, porque se adequou ao contexto do ensino de química no curso de engenharia civil.

6 RELATO DE EXPERIMENTO EDUCACIONAL

A Química enquanto ciência busca explicar os principais fenômenos e transformações do nosso cotidiano. Sabe-se que disciplinas relacionadas à química, como Química Geral e Química Experimental também fazem parte da grade curricular de alguns cursos de Ensino Superior, incluindo a engenharia civil.¹⁰⁰

Para os alunos de engenharia, a química é considerada como um assunto de difícil compreensão, o que pode gerar certa evasão e reprovação nestes componentes curriculares, principalmente se houver predominância do modelo de ensino tradicional, baseado na transmissão e recepção de conteúdo. Portanto, há necessidade de aproximar os discentes de engenharia à química para que o ensino se torne mais dinâmico e compreensivo.¹⁰¹

Considerando a necessidade de relacionar a química ao contexto da engenharia, o artefato produzido pelo grupo A (madeira plástica) motivou a pesquisadora a realizar novos ensaios para adaptar a forma de obtenção da madeira plástica. Portanto, o objetivo principal desse produto educacional é a melhoria do ensino de Química no contexto da educação tecnológica, conciliando assuntos do cotidiano do aluno que se relacionam com sua futura formação profissional.

Serão expostos alguns resultados educacionais considerados relevantes a fim de mostrar como o experimento contribuiu para a disciplina e, conseqüentemente, para a formação dos alunos. Além disso, este produto educacional pode ser desenvolvido em outras disciplinas experimentais, visto que é uma prática simples, de fácil aplicação e condizente com o horário de uma aula experimental.

A pesquisa foi realizada na disciplina experimental “Química A” (QUI: 09677), na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no campus de Goiabeiras, situada na Av. Fernando Ferrari, nº 514, Goiabeiras, Vitória, ES. A disciplina é ofertada para o curso de Engenharia Civil, para alunos do 1º período.

Os docentes responsáveis pela disciplina cederam uma aula experimental para a pesquisadora aplicar a prática intitulada “Óxidos de ferro - Produção de um composto”, com duração de 2 horas de aula. Esta intervenção pedagógica ocorreu nas duas turmas de “Química A experimental”, com dezenove (19) alunos na primeira turma e dezessete (17) alunos na segunda turma, totalizando trinta e seis (36) participantes da pesquisa. Em função do envolvimento de humanos no estudo,

esta pesquisa foi inicialmente submetida e aprovada pelo CEP (UFES), conforme parecer consubstanciado que consta no ANEXO VIII. O TCLE assinado pelos alunos encontra-se no ANEXO IX.

O objetivo da prática “Produção de um composto” é relacionar a Química ao contexto da Engenharia Civil, trazendo a produção de madeira plástica com vistas à substituição da madeira convencional. Desta forma, foi mostrado aos discentes que há a possibilidade de retirar resíduos e rejeitos do meio ambiente e transformá-los em novos produtos. Também foi possível discutir com os alunos sobre a responsabilidade ética e socioambiental que eles terão como futuros engenheiros.

O conteúdo didático desta aula foi ministrado aos alunos em aproximadamente 30 minutos, na forma de aula expositiva dialogada, sendo dividido nos seguintes tópicos:

- Porque a escolha da madeira plástica?
- Rejeito de Mineração de Ferro:
 - Composição Química dos minerais encontrados no Brasil;
 - A mineração de ferro e seus processos;
 - Rompimento da barragem de Fundão (Mariana, MG)
 - A responsabilidade dos engenheiros nas assinaturas de responsabilidade técnica (ART);
 - Composição da lama proveniente do rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG);
 - Aplicações do rejeito de mineração de ferro;
- Resíduo Plástico
 - Definição de polímeros e exemplos;
 - Obtenção do polipropileno e suas características;
- Produção da madeira plástica nas indústrias e suas etapas;
 - Vantagens da madeira plástica em relação à madeira convencional;

Em cada turma, os alunos foram divididos em quatro grupos para a realização da etapa experimental, que consistiu na simulação de produção de madeira plástica a partir de resíduo plástico (polipropileno); lama (rejeito de mineração de ferro) proveniente do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG) e óleo de soja usado (aglutinante). Os alunos receberam um roteiro experimental (ANEXO X),

em que constam as informações necessárias para a realização do experimento, que durou em torno de 1 hora e trinta minutos (1h 30 min).

Vale ressaltar que o ANEXO X foi obtido após a realização de vários testes feitos pela pesquisadora, a fim de adaptar esta prática para o laboratório de ensino. Primeiramente, substituiu-se a extrusora (vide item 5.8.1) por placas de aquecimento. Ao realizar os testes com o PET, material utilizado pelo grupo A da disciplina “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”, o resultado não foi satisfatório, visto que a temperatura de fusão do PET era mais alta do que a temperatura que a placa de aquecimento atingia. Diante dessa dificuldade, resolveu-se testar um novo material plástico, que possuía temperatura de fusão menor, o polipropileno, proveniente de embalagens de convites e papelaria em geral.

Na primeira tentativa utilizou-se um cadinho de porcelana para obtenção da amostra, mas também não deu certo, visto que este material apresenta certa porosidade. A partir disso, a pesquisadora resolveu usar forminhas de alumínio como molde para a simulação de obtenção da madeira plástica.

Além disso, os testes se iniciaram na proporção obtida pelo grupo A (15% de lama e 85% de resíduo plástico). Porém, com a sucessão dos testes, foi possível obter um material consistente com porcentagem maior de lama sendo utilizada (40% de lama e 60% de resíduo plástico).

A partir do resultado satisfatório obtido pela pesquisadora nos experimentos realizados, aplicou-se esta prática na disciplina com alunos de engenharia civil, como mostrado na Figura 17 abaixo.



Figura 17. Aula preparatória (esquerda), kits experimentais (centro) e aluno realizando a prática (direita). Arquivo pessoal.

As amostras obtidas por alguns grupos da primeira turma estão apresentadas na Figura 18:



Figura 18. Algumas amostras de madeira plástica da prática aplicada na aula experimental da engenharia civil. Fonte: Arquivo pessoal.

Após finalizar a prática, os alunos responderam o relatório (ANEXO XI) com questões teóricas sobre a prática e duas questões para avaliar a opinião dos discentes sobre a importância das disciplinas de química trazer assuntos do cotidiano relacionados com a engenharia. A Tabela 24 mostra a resposta de alguns alunos referente às contribuições da prática para a formação deles. As respostas obtidas foram analisadas considerando os trinta e seis (36) alunos participantes.

Tabela 24. Respostas de alguns alunos a questão seis (6) do ANEXO XI. Dados do relato experimental na engenharia civil.

Quais foram as contribuições que esta prática trouxe para a sua formação?
Respostas
1. “A prática apresentada proporcionou a ampliação do entendimento da química e da utilização de materiais não convencionais na área da construção civil.”
2. “Foi importante para mostrar que engenheiros civis além de se preocuparem com os projetos que executam, devem se preocupar com o impacto ambiental do empreendimento. Além disso, mostrou uma possibilidade de utilização do rejeito – atividade que, se fosse empregada amplamente, reduziria o impacto da mineração.”
3. “Realizar esse experimento abriu minha mente para muitas outras possibilidades de pesquisa que tenho interesse e que, ao mesmo tempo, promoverá benefícios socioambientais.”
4. “Além de me inspirar por me mostrar o que conseguimos fazer pelo mundo com a ciência, contribuiu para a minha formação como engenheira no que diz respeito à ética, responsabilidade socioambiental.”
5. “Incentivou o conhecimento sobre os processos de construção civil sustentável, mostrando como podemos ter qualidade e sustentabilidade ao mesmo tempo.”
6. “Ressalta a importância da pesquisa científica a fim de tornar o processo de construção civil sustentável.”
7. “A prática trouxe diversos benefícios para o meio ambiente e conseqüentemente, para a minha formação, já que a preservação do meio ambiente é essencial para a sobrevivência da humanidade e os resíduos descartados incorretamente são o maior problema atual.”

A resposta da maioria dos alunos evidenciou que os alunos relacionaram a aplicação de um material sustentável na indústria da construção civil, o que possibilita afirmar que eles conciliaram a prática com a futura formação profissional. Observa-se também o uso de termos como “ampliação do entendimento”, “abriu a minha mente” e “incentivou o conhecimento”, o que confirma que a prática teve contribuição significativa na aprendizagem e na construção de novos conhecimentos.

Além disso, em quase todos os relatos observa-se o emprego de termos como “impacto ambiental”, “responsabilidade socioambiental”, “construção civil sustentável”, “benefícios para o meio ambiente”, entre outros. Estas falas denotam a preocupação com a conservação do meio ambiente, o que contribui ainda mais para a necessidade de abordar assuntos do cotidiano em sala de aula, visando um processo de aprendizagem dinâmico e contextualizado. Utilizar situações de impactos ambientais pode despertar nos alunos a importância da química para a melhoria do meio ambiente e, conseqüentemente, a qualidade da vida.⁷

A pesquisadora conversou com os alunos durante a aula dialogada sobre algumas pesquisas que propõem alternativas para reutilização de resíduos. Este diálogo impactou alguns alunos que compreenderam a importância da pesquisa científica visando o desenvolvimento sustentável, como pode ser observado nas respostas quatro (4) e seis (6). Além disso, um dos alunos procurou a pesquisadora após a finalização do experimento para relatar que esta prática auxiliou quatro integrantes na escrita de um novo trabalho em outra disciplina da engenharia civil, a partir de lama abrasiva, que é um resíduo gerado no corte de pedras e rochas ornamentais. A obtenção de um novo projeto, fruto desta prática, evidencia o impacto desta aula na formação profissional de alguns alunos.

A questão sete (7) perguntava a importância de abordar assuntos relacionados com a engenharia nas disciplinas de química. Dos trinta e seis (36) discentes participantes da pesquisa, 83% consideram muito importante conciliar conteúdos de química com a engenharia civil e 17% consideram importante. Nenhum aluno respondeu ter pouca importância esse tipo de abordagem em sala de aula. Esta questão também era constituída de uma parte discursiva, que também foram analisadas, sendo algumas respostas estão apresentadas na Tabela 25 abaixo.

Tabela 25. Respostas de alguns alunos a questão sete (7) do ANEXO XI. Dados do relato experimental na engenharia civil.

Respostas
1. “Porque a química já não é muito querida pelos alunos de engenharia civil, pelo que eu vejo. Então é importante estar interligada para os alunos verem a aplicação da química na engenharia, além de deixar as aulas mais dinâmicas.”
2. “Para a aplicação prática do que se aprende em química.”
3. “Além de auxiliar no entendimento dos fenômenos do dia a dia, a química serve para elaborar novos e modernos materiais, otimizando as técnicas que podem ser utilizadas na construção civil.”
4. “Pois a engenharia é uma área ligada a diversas outras áreas, e uma delas é a química que possui contribuição importante para diversos setores da engenharia.”

A resposta um (1) foi observada no relato de alguns alunos e se encaixa com o motivo pelo qual a pesquisadora vê a necessidade de abordar o conteúdo das disciplinas de química voltado para aplicação nas engenharias. Em muitas universidades, os conteúdos das disciplinas de química ministrados para alunos de engenharia civil, elétrica e mecânica são facilmente esquecidos, não contribuindo para a sua formação profissional.¹⁰¹ Por isso, alguns alunos consideram importante trazer aplicações práticas para engenharias, para que as aulas de química se tornem mais interessantes e dinâmicas, como pode ser observado na resposta dois (2). Outra questão importante levantada por muitos alunos e exemplificada com a resposta três (3) é que a química está presente nos produtos e técnicas utilizadas na construção civil. Além disso, ressaltaram a importância de aulas que mostrem novos materiais para que eles tenham uma ampliação no conhecimento de técnicas mais modernas, visando aplicação no futuro profissional.

Portanto, este relato educacional é uma simulação da obtenção de uma amostra de madeira plástica, que pode ser aplicado em outras disciplinas do ensino superior e até mesmo ensino médio, caso haja um laboratório adequado, visto que os materiais utilizados descritos no roteiro experimental são de fácil obtenção. Também é possível substituir o material usado proveniente do rompimento da barragem de Fundão por outros materiais disponíveis na natureza apenas para simulação.

A aula expositiva dialogada tratou da importância de buscar novas alternativas

para reutilização de resíduos e rejeitos, além de abordar a dimensão ética que os engenheiros civis precisam ter ao assinar documentos se responsabilizando por alguma construção ou empreendimento. Cabe registrar a emoção de alguns alunos ao perceber que as atitudes que eles terão enquanto profissionais podem contribuir para o meio ambiente. Isso motiva professores a não se conformarem em apenas transmitir conteúdo e a utilizarem novas metodologias com temas que permeiam o cotidiano do aluno, contribuindo para sua vida profissional e pessoal.

7 CONCLUSÃO

A experiência educacional baseada na aplicação da ABP em uma perspectiva da EA e utilizando a problemática da grande produção de rejeito de mineração de ferro oportunizou a reflexão sobre questões ambientais, sociais, tecnológicas e econômicas que rodeiam o cotidiano do aluno. Esta temática também agregou conhecimento científico ao articular o conhecimento teórico com o desenvolvimento de atividades laboratoriais, em que os grupos de alunos pesquisaram, analisaram e propuseram aplicações úteis para os resíduos, utilizando materiais, recursos e equipamentos acessíveis. Portanto, a utilização da metodologia ativa de ensino ABP realçou a capacidade investigativa e criativa dos alunos, obtendo-se maior aproveitamento didático-pedagógico no ensino superior de química. Habilidades e competências do século XXI também foram evidenciadas, como resolução de problemas, tomada de decisão, flexibilidade, criatividade, trabalho em equipe, entre outros.

A análise qualitativa dos dados também permite indicar que a utilização de metodologias ativas de ensino motiva o aluno e o envolve na construção do seu próprio conhecimento, além de estreitar a relação aluno-professor. Isto facilita a função do docente de identificar lacunas e dificuldades na aprendizagem e propor atividades que contribuam para melhor compreensão do conteúdo.

Esta intervenção pedagógica não só trouxe resultados educacionais satisfatórios, mas também permite argumentar em favor da reutilização de rejeito de mineração na confecção de novos produtos. Dentre as alternativas sustentáveis apresentadas pelos alunos, tem-se a madeira plástica, obtenção de adsorventes, síntese de ferritas e de membranas cerâmicas, o que possibilita o aprimoramento destes artefatos a partir de novas pesquisas científicas. Isso também propiciou articular o conhecimento teórico com a EA, viabilizando a reflexão nos discentes sobre a responsabilidade socioambiental enquanto futuros químicos, tendo a consciência que suas atitudes podem impactar positivamente o meio ambiente, contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

Entretanto, mesmo que a ABP não seja uma metodologia tão nova como indica a literatura, seu uso ainda é um desafio para muitos professores, que ainda

mantém um método tradicional de ensino. Portanto, os resultados obtidos com este estudo de caso não correspondem à solução de todas as necessidades e defasagens que ainda são observadas no ensino de química no ensino superior e também na educação básica. Como dito anteriormente, a EA não abrange apenas aspectos conservacionistas, mas propõe mudança de atitude que traga um impacto além das fronteiras escolares. Nesse sentido, também é função das instituições de ensino buscar alternativas que possibilitem a formação de um sujeito reflexivo, responsável e capaz de atuar positivamente na comunidade em que vive.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIRANDA, J. L.; GOMES, F.; DE ALMEIDA, C. D.; GERPE, R. O Antropoceno, a educação ambiental e o ensino de química. *Rev. Virtual Quim.*, **10**, 1990-2004, 2018.
2. ALMEIDA, C. A.; OLIVEIRA, A. F.; PACHECO, A. A.; LOPES, R. P. NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R. Characterization and evaluation of sorption potential of the iron mine waste after Samarco dam disaster in Doce River basin – Brazil. *Chemosphere*, **209**, 411-420, 2018.
3. CORDEIRO, M. C.; GARCIA, G. D.; ROCHA, A. M.; TSCHOEKE, D. A.; CAMPEÃO, M. E.; APPOLINARIO L. R.; SOARES, A. C.; LEOMIL, L.; FROES, A.; BAHIANSE, L.; REZENDE, C. E.; ALMEIDA, M. G.; RANGEL, T. P.; OLIVEIRA, B. C. V.; ALMEIDA, D. Q. R.; THOMPSON, M. C.; THOMPSON C. C.; THOMPSON F. L. Insights on the freshwater microbiomes metabolic changes associated with the world's largest mining disaster. *Sci. Total Environ.*, **654**, 1209-1217, 2019.
4. BENDER, W. N.; **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI**, 1a. ed., Penso: Porto Alegre, 2015. 156 p.
5. BRESSIANI, T. S. C.; OLIVEIRA, M. L.; RAINHA, K. P.; SANTANA, I. L.; BARROS, J. R. P. M.; LELIS, M. F. F.; MOURA, P. R. G. Aprendizagem Baseada em Projetos na Disciplina Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente: Um Estudo de Caso. *Rev. Virtual Quim.*, **12**, 356-367, 2020.
6. SANTOS, W.; SCHNETZLER, R. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4ª Ed. Unijuí, Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2000. 160 p.
7. VAITSMAN, E. P.; VAITSMAN, D. S.; **Química e Meio Ambiente: Ensino Contextualizado**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 252 p.
8. BOSQUILHA, G. E.; VIDOTTI, I. M. G.; PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R.; BELTRAN, M. H. R.; ESPERIDIÃO, Y. M.; Interações e Transformações no Ensino de Química, *Quim. Nova*, **15**, 355-371, 1992.
9. BOSQUILHA, G. E., VIDOTTI, I. M. G., PITOMBO, L. R. M., MARCONDES, M. E. R., BELTRAN, M. H. R., Porto, P. A., & Esperidiao, Y. M. (1993). **Gepeq interações e transformações**. São Paulo: USP, 1993. 320 p.
10. BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES 776/97. Brasília, DF, 1997.
11. MARTINS, M. G.; FREITAS, G. F. G.; VASCONCELOS, P. H. M.; A Utilização de

Materiais Alternativos no Ensino de Química no Conteúdo de Geometria Molecular. *Revista Thema*, **15**, 44-50, 2018.

12. BARRETO, L. M.; CUNHA, J. S., Concepções de Meio Ambiente e Educação Ambiental por Alunos do Ensino Fundamental em Cruz das Almas (BA): Um Estudo de Caso. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, **11**, 315-326, 2016.

13. DIAS, M. A. O.; DIAS, A. A. S., Educação Ambiental: A Agricultura como Modo de Sustentabilidade para a Pequena Propriedade Rural, *Revista de Direitos Difusos*, **68**, 2017.

14. REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** 1ª Ed. eBook. Tatuapé: Editora Brasiliense, 2017. 88 p.

15. BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF, 1999.

16. TAGLIEBER, J.E.; GUERRA, A. F. S. **Pesquisa em Educação Ambiental:** Pensamentos e reflexões de pesquisadores em Educação Ambiental. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 2007. 155 p.

17. MORALES, A. G. **A formação do profissional Educador Ambiental:** reflexões, possibilidades e constatações, 2ª Ed., Ponta Grossa, Paraná: UEPG, 2012.

18. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade. Educação Ambiental: Aprendizizes de sustentabilidade. Brasília, DF, 2007.

19. NIPEEA, Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas e Estudos em Educação Ambiental (UFES). Disponível em: < www.nipeea.blogspot.com.br > Acesso em: set. 2019.

20. CARVALHO, I. C. M. **Educação Ambiental:** a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez Editora, 2004. 256 p.

21. BACICH, L.; MORAN, J. M. **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. 260 p.

22. MELO, J. A. P., **Tecnologia e Educação.** Uberaba: Universidade de Uberaba, 2017. 144 p.

23. PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B.; Metodologias Ativas de Ensino-Aprendizagem: Revisão Integrativa. *Sanare*, **15**, 145-153, 2016.

24. DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N.; Os Princípios das Metodologias

- Ativas de Ensino: uma Abordagem Teórica. *Revista Thema*, **15**, 44-50, 2018.
25. DEWEY, J. **Democracia e educação**. 3ª Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.
26. FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25ª Ed. São Paulo: Paz e Terra (Coleção Leitura), 1996. 54 p.
27. AITA, E. B. **Psicologia da Educação**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2016. 252 p.
28. VYGOTSKY, L. **A formação social da mente**. 4ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 90 p.
29. MIKLOS, S.; VIRGINIE, F. C. Problem solving skills versus knowledge acquisition: the historical dispute that split problem-based learning into two camps. *Advances in Health Sciences Education*, **24**, 619-635, 2019.
30. SPLICHAL M.; OSHIMA, J.; OSHIMA R., Regulation of collaboration in project-based learning mediated by CSCL scripting reflection. *Computers & Education*, **125**, 132–145, 2018.
31. CABRA, G. P. Education and Democracy: Emancipatory Perspective from John Dewey's Social Philosophy. *Quaestio Iuris*, **10**, 844-867, 2017.
32. DEWEY, J. **How we think**. Lexington, MA: D. C. Heath, 1910.
33. KHATTAK, A. H. Solution-based learning: Educating for solutions. *Khyber Medical University Journal*, **9**, 179-180, 2017.
34. VALDEMARIN, V. T., Modelos para a Formação de Professores nas Páginas do Teachers College Record (1900-1921). *História da Educação*, **20**, n. 48, 2016.
35. PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento**. Tradução de Agnes Cretella. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1973. 158 p.
36. DAVIS, E. J.; PAULS, S.; DICK, J. Project-Based Learning in Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory: Using EPA Methods to Guide Student Method Development for Pesticide Quantitation. *J. Chem. Educ.*, **94**, 451-457, 2017.
37. GARCÊS, B. P.; SANTOS, K. O.; OLIVEIRA, C. A.; Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino de Bioquímica Metabólica. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, **13**, 526-533, 2018.
38. LEWIS, D. G. R.; EASTERDAY, M. W.; HARBURG, E.; GERBER, E. M.; RIESBECK, C. K. Overcoming barriers between volunteer professionals advising project-based learning teams with regulation tools. *Br. J. Educ. Technol.*, **49**, 354-

369, 2018.

39. BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular. Dimensões e Desenvolvimento das competências gerais da BNCC. Disponível em: <http://movimentopelabase.org.br/wp-content/uploads/2018/03/BNCC_Competicencias_Progressao.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020. Brasília, DF, 2019.

40. SCOPUS. Relatório de citações. Elsevier. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/scopus>>, acesso em: maio de 2020.

41. MARTINS, V. J.; OZAKI, S. K., RINALDI, C., PRADO E. W.; A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPr) na Construção de Conceitos Químicos na potabilidade da Água, *Revista Prática Docente*, **1**, 1-10, 2016.

42. RANGEL, M.; GONÇALVES, C. A metodologia de trabalho de projeto na nossa prática pedagógica. *Da Investigação às Práticas*, **1**, 21-43, 2011.

43. REIS, F. T. S.; MAROTI, P. S. **Educação ambiental**: Responsabilidade para a conservação da sociobiodiversidade. 1ª Ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2011. 43 p.

44. LIANDA, P. L. R.; JOYCE, B.; *Applying Project-Based Learning (PBL) in the Organic Chemistry Course While Studying Honey*. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, **13**, 407-420, 2018.

45. DIAWATI, C.; LILIASARI; SETIABUDI, A.; BUCHARI. Using Project-Based Learning to design, build, and test student-made photometer by measuring the unknown concentration of colored substances. *J. Chem. Educ.*, **95**, 468-475, 2018.

46. RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL)**: uma experiência no ensino superior. 1ª Ed. eBook. São Carlos, São Paulo: EdUFSCar, 2008. 151 p.

47. SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental**: Instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. 1ª Ed. – 2. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2009. 328 p.

48. FERREIRA, S. A. D.; DONADIA, J. F.; GONÇALVES, G. R.; TEIXEIRA, A. L.; FREITAS, M. B. J. G.; FERNANDES, A. A. R.; LELIS, M. F. F. Photocatalytic performance of granite waste in the decolorization and degradation of Reactive Orange 122. *J. Environ. Chem. Eng.*, **7**, 103-144, 2019.

49. WOO, S.H.; LEE, D. S.; LIM, S. R. Potential Resource and Toxicity Impacts from Metals in Waste Electronic Devices. *Integrated Environmental Assessment and Management*, **12**, 364-370, 2016.

50. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
51. BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.
52. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
53. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457:2016: Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.
54. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:2018: Solo: Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 2018.
55. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
56. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
57. BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas. Brasília, DF, 2019. Ano Base 2017. p.13.
58. SAMARCO MINERAÇÃO S.A. Disponível em: <https://www.samarco.com/rompimento-da-barragem-de-fundao/>. Acessado em 10 de fevereiro de 2020.
59. SOARES, L. **Barragem de Rejeitos**. Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios. Editores: Adão B. da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina A. França. 5ª Ed., cap. 19, p. 831–896, 2010.
60. FONTES, W. C.; CARVALHO J.M.F.; ANDRADE, L. C. R.; SEGADÃES A. M.; PEIXOTO R. A. F.; Assessment of the use potential of iron ore tailings in the manufacture of ceramic tiles: From tailings-dams to “brown porcelain”. *Construction and Building Materials*, **206**, 111-121, 2019.
61. BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 12.334 de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de

Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF, 2010.

62. DNPM. Sumário Mineral. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. 2019. Disponível em:<<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-classificacao-de-barragens-de-mineracao/plano-de-seguranca-de-barragens>> Acesso em: jan. 2020.

63. SEGURA, F. R.; NUNES, E. A.; PANIZ, F. P., PAULELLI, A. C. C.; RODRIGUES, G. B.; BRAGA, G. U. L.; PEDREIRA, W. R.; BARBOSA JR., F. B., CERCHIARO G., SILVA, F. F., BATISTA, B. L.; Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). *Environ. Pollut.*, **218**, 813-825, 2016.

64. GUIMARÃES, A. C. P. D.; OLIVEIRA M. F. M.; SILVA, J. P. C. DA SILVA; LAMEIRAS, F. S. Obtenção de Geopolímero com Adição de Rejeito de Mineração Depositado na Barragem de Candonga (Rio Doce – MG, Brasil). In: 3º Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2018, Coimbra – Portugal. Livro de resumos. p. 1.

65. ZUCCHERATTE, A. C. V.; FREIRE, C.B.; LAMEIRAS, F. S.; Synthetic gravel for concrete obtained from sandy iron ore tailing and recycled polyethylthephtalate. *Construction and Building Materials*, **151**, 859-865, 2017.

66. FIGUEIREDO, M. D.; LAMEIRAS, F. S.; ARDISSON, J. D.; ARAUJO, H.; TEIXEIRA, A. P. C.; Tailings from Fundação Tragedy: Physical–Chemical Properties of the Material that Remains by Candonga Dam. *Integrated Environmental Assessment and Management*, **00**, 1–7, 2020.

67. KRAVCHENKO, G. A.; PASQUALETTO, A.; FERREIRA, E. M.; Aplicação de princípios da ecologia industrial nas empresas moveleiras de Goiás. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **21**, 283-294, 2016.

68. SOUZA, K.C.; ANTUNES, M.L.P. Adsorção do corante reativo azul 19 em solução aquosa por lama vermelha tratada quimicamente com peróxido de hidrogênio. *Quim. Nova*, **36**, 651-656, 2013.

69. LIMA, R. C. O.; LIRA, H. L.; NEVES, G. A.; SILVA, M. C.; SILVA, C. D. Aproveitamento do resíduo de serragem de granito para fabricação de membranas cerâmicas de baixo custo. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, **6**, 163-169, 2011.

70. SOUZA, R. E. **Utilização de resíduo de mineração para obtenção de madeira plástica**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Materiais da

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. 202 p.

71. MOTA, A. L. N.; ALBUQUERQUE, L. F.; BELTRAME, L. C.; CHIAVONE-FILHO, O.; MACHULEK JR, A.; NASCIMENTO, C. A. Advanced oxidation processes and their application in the petroleum industry: a review. *Braz. J. Pet. Gas*, **2**, 122-142, 2008.

72. ALFAHDAWI, I. H.; OSMAN, S. A.; HAMID, R.; AL-HADITHI, Al. Modulus Of Elasticity And Ultrasonic Pulse Velocity Of Concrete Containing Polyethylene Terephthalate (Pet) Waste Heated To High Temperature. *Journal Of Engineering Science And Technology*, **13**, 3577-3592, 2018.

73. CHOI, Y.; MOON, D.; CHUNG, J.; CHO, S. Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete, *Cem. Concr. Res.*, **35**, 776–781, 2005.

74. YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 212 p.

75. MAZZOTTI, A. J. Usos e abusos dos estudos de caso. *Cadernos de Pesquisa*, **36**, 637-651, 2006.

76. SIMONS, H. **Towards a Science of the singular**: Essays about Case Study in Educational Research and Evaluation. Norwich, Inglaterra: University of East Anglia, 1980.

77. SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de caso no ensino de química**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 93 p.

78. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 175 p.

79. BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. 229 p.

80. SAMPIERI, R. H., COLLADO, C.F. e LUCIO, M.P.B. **Metodologia da Pesquisa**. 5ª Ed. Porto Alegre: Penso Ed., 2013. 624 p.

81. MOURA, P.R.G. **Ciência e Compreensão: abordagem fenomenológico-hermenêutica e processo educacional em ciências fundamentado**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. p. 308.

82. MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002. 282 p.

83. SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos, *Qualitas Revista Eletrônica*, **17**, 1-14, 2015.

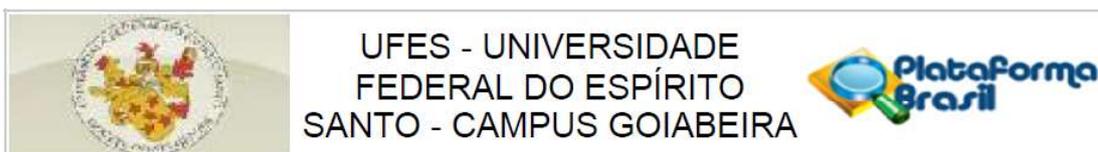
84. YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. 1ª Ed. Porto Alegre: Penso, 2016. 313 p.
85. MAXQDA 2020®. Analytics Pro 2020 Demo. Version free trial [S.l.]: VERBI Software. Consult. Sozialforschung. GmbH, Berlim, Alemanha, 2016. Disponível em: <www.maxqda.com>. Acesso em: novembro de 2019.
86. ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de Ensino na Universidade**: Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 5ª Ed. Joinville, Santa Catarina: Univille, 2005.
87. JCPDS – Joint Committee on Powder Diffraction Standards. Mineral Powder Diffraction Files Data Book; Int. Center Diffraction Data Swarthmore, Pennsylvania, 1980.
88. PIRES, J. M. M.; LENA, J. C.; MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco mineração: Estudo de caso da barragem de germano. *Sociedade de Investigações Florestais*, **27**, 393-397, 2003.
89. GALIAZZI, M. C. **Educar pela Pesquisa**: Ambiente de Formação de Professores de Ciências. Ijuí: Unijuí, 2014. 288 p.
90. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 1999.
91. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 397 de 3 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA no 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.
92. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil. Comunicado técnico 66. ISSN 1517-5685. 1. ed., Rio de Janeiro, RJ, 2012.
93. RAHMAN K.S.; ISLAM M. N.; RATUL S.B; DANA N.H; MUSA S.M.; HANNAN M.O. Properties of flat-pressed wood plastic composites as a function of particle size and mixing ratio. *Jpn. Wood Res. Soc.*, **64**, 279-286, 2018.
94. CAMPOS, E. A.; PINTO, D. V. B. S.; OLIVEIRA, J. I. S.; MATTOS, E. C.; DUTRA, R. C. L. Syntesis, characterization and applications of iron oxide nanoparticles – a

- short review. *Journal of Aerospace Technology and Management*, **7**, 267-273, 2015.
95. SCIDAVIS®. Free Software Foundation. Copyright (C) 1989, 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA, 1991. Disponível em: <<http://scidavis.sourceforge.net/index.html>>. Acesso em: junho de 2018.
96. BOKARE, A. D.; CHOI, W. Review of iron-free Fenton-like systems for activating H₂O₂ in advanced oxidation processes. *J. Hazard. Mater.*, **275**, 121-135, 2014.
97. LELIS, M. F. F. **Ferritas dopadas com níquel e cobalto: síntese, caracterização e ação catalítica na oxidação do monóxido de carbono.** Tese de Doutorado. Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
98. CUO, Z.; LIU, H.; ZHAO, F.; LI, W.; PENG, S.; CHEN, Y. Highly porous fibrous mullite ceramic membrane with interconnected pores for high performance dust removal. *Ceram. Int.*, **44**, 11778–11782, 2018.
99. FIGUEIREDO, J. M. R.; FERNANDES, I. M. M.; SILVA, V. J.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; SANTANA, L. N. L. Influência da composição e das variáveis de processamento de formulações à base de argilas - uso em materiais refratários. *Cerâmica*, **64**, 10-19, 2018.
100. BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CES 11/2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF, 2002.
101. ALMEIDA, J. L. J.; PAIXÃO, V. V., M.; CRUZ, M. C. P. Concepções dos graduandos do curso de engenharia civil sobre conceitos científicos em química: aprender para intervir. *Brazilian Applied Science Review*, **3**, 515-528, 2018.

ANEXOS

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP/UFES)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO PELA PESQUISA EM QUÍMICA SOBRE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO SOBRE CLASSIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS TECNOLÓGICOS A PARTIR DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO

Pesquisador: THAIANY SOUZA CANAL BRESSIANI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 10237419.4.0000.5542

Instituição Proponente: Centro de Ciências Exatas- CCE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.344.296

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado por esse comitê, estando autorizado a ser iniciado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Assinado por:
KALLINE PEREIRA AROEIRA
(Coordenador(a))

ANEXO II
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Thaiany Souza Canal Bressiani

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura

PARTICIPANTES: Alunos graduandos em Química da UFES.

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada “Ensino pela Pesquisa em Química sobre tratamento de Resíduos Sólidos: Estudo de Caso sobre Classificação e desenvolvimento de Produtos Tecnológicos a partir de Rejeito de Mineração de Ferro” durante as aulas de “Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente”, com intuito de contribuir para o trabalho de dissertação da mestrandia Thaiany Souza Canal Bressiani inscrita no Programa de Pós Graduação em Química da UFES. Essa pesquisa é importante, pois irá verificar os níveis de compreensão que o aluno alcançou a partir da experimentação em aulas teóricas e trará benefícios ao ensino de Química no contexto do nível superior. Ao aceitar participar desta pesquisa, ficam esclarecidos os seguintes termos:

- A pesquisa tem como objetivo verificar a potencialidade de uma metodologia pautada por estudo de caso, a fim de verificar sua aceitação e desempenho dentro do ensino superior em química; O tempo estimado para a realização da pesquisa é durante a disciplina de “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”.
- A participação na pesquisa consiste no preenchimento de questionários, participar e avaliar as aulas experimentais, além de opinar no que pode ser melhorado. Para a coleta de dados, serão utilizados questionários, entrevista e perguntas orientadoras. Além disso, serão feitos registros fotográficos e gravações de áudio. Você poderá sentir-se desconfortável no momento da coleta de dados, mas, a fim de amenizar este desconforto, as coletas serão feitas de forma individual e a pesquisadora sempre estará disponível para esclarecimentos. Os registros fotográficos só serão utilizados única e exclusivamente no meio acadêmico (dissertação da pesquisadora e artigos publicados), se necessário. Asseguramos também total sigilo e preservação da sua identidade, tirando a foto em ângulos que não permitem identificação ou utilizando tarja no rosto. As gravações de áudios serão utilizadas apenas para transcrição, a fim de verificar os níveis de compreensão dos alunos, que é um objetivo da pesquisa. É importante lembrar também que na apresentação dos resultados não serão citados em nenhum momento os nomes dos participantes. Se alguma parte das gravações em áudio for utilizada, será somente na forma transcrita, para fins exclusivamente acadêmicos, utilizando numeração a fim de preservar sua identidade (Aluno A1, Aluno A2, e assim sucessivamente).
- Os riscos físicos existentes são inerentes ao manuseio de equipamentos e algum acidente que possa ocorrer em laboratório. Porém, serão adotadas as medidas de segurança em laboratório a fim de minimizar o risco de possíveis acidentes. Além disso, serão ministradas aulas sobre: Resíduos de laboratório; Biossegurança em laboratórios; Produtos químicos e periculosidade. Esses temas irão reforçar o cuidado e atenção que você deve ter durante as aulas experimentais.

- O benefício decorrente desta pesquisa é o conhecimento gerado para o seu futuro profissional, adquirindo experiência prática na classificação de resíduos sólidos, podendo utilizar estes conhecimentos em um futuro trabalho, caso exerça alguma função nessa área. Além disso, o manuscrito que será produzido ao final da disciplina poderá ser utilizado, posteriormente, para publicação de artigo em revistas associadas ao tema.
- Em caso de eventual dano comprovadamente decorrente da pesquisa, você terá total direito de buscar indenização e, caso haja alguma despesa ao longo da pesquisa, será feito o ressarcimento/reembolso.
- Se após consentir em participar da pesquisa você desistir de continuar participando, você terá total direito e liberdade de retirar-se a qualquer momento antes ou depois da coleta de dados, sem prejuízo a sua pessoa.
- Garanto que este termo deverá ser redigido, assinado e rubricado pelo participante e pelo pesquisador, em duas vias, sendo que cada um ficará com uma via.

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu declaro que li, ou foi me lido, as informações contidas neste documento, concordo em participar do estudo descrito acima. Fui devidamente informado e esclarecido pela pesquisadora sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso interromper a pesquisa a qualquer momento, ou mesmo retirar meu consentimento, sem que isto acarrete qualquer prejuízo a mim, ao pesquisador ou a instituição. Para sanar qualquer dúvida referente à pesquisa, o contato do pesquisador segue abaixo da assinatura do mesmo. Em caso de denúncias ou intercorrências com a pesquisa, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFES/Campus Goiabeiras poderá ser acionado pelo telefone (27) 3145-9820 ou pelo e-mail cep.goiabeiras@gmail.com. Caso queria ir pessoalmente ou encaminhar uma carta, segue o endereço: Av. Fernando Ferrari, 514, Campus Universitário, Prédio Administrativo do Centro de Ciências Humanas e Naturais (CCHN), Goiabeiras, Vitória - ES, CEP 29.075-910.

Vitória-ES, ____/____/____

Nome do aluno participante: _____

Assinatura do aluno participante da pesquisa

Pesquisadora Responsável - Thaiany Souza Canal Bressiani
Contato: thaiany27@gmail.com

ANEXO III
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Nome: _____
Período Atual: ____º Período

- 1) Você já se envolveu com pesquisa de Iniciação Científica?
 Não
 Sim
Se sim, em qual área e qual o tema da pesquisa?

- 2) Você trabalha (faz estágio) ou já trabalhou (estagiou) em alguma empresa relacionada à sua graduação?
 Não
 Sim
Se sim, em qual área especificamente você atuou?

- 3) O que é resíduo?

- 4) Como caracteriza um resíduo?

- 5) Em poucas palavras, o que te motivou a fazer esta disciplina?

ANEXO V
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFES
QUI09704 - TRATAMENTO DE RESÍDUOS EM MEIO AMBIENTE
ABNT NBR 10004 (SIMPLIFICADA)

As normas relacionadas a seguir foram modificadas e adaptadas para aula experimental da disciplina “Tratamento de Resíduos em Meio Ambiente”. Recomenda-se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor:

ABNT NBR 10005:2004 - Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10006:2004 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos

ABNT NBR 10007:2004 - Amostragem de resíduos sólidos

Procedimento: Limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação

a) Verificar o PH do resíduo sólido:

Transferir 5 gramas da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, usando aproximadamente 100 mL de água deionizada, agitar por 5 minutos em banho-maria; Medir o pH. Se for menor ou igual a 5,0, utilizar a solução extratora nº 1; Se for maior que 5,0, adicionar 3,5 mL de HCl 1,0 mol L⁻¹, agitar em banho-maria a 50 °C durante 10 minutos. Esfriar a solução e medir o pH. Se for menor ou igual a 5,0, utilizar a solução extratora nº 1 e se for maior que 5,0, utilizar a solução extratora nº 2;

b) Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos:

Transferir 5 gramas da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, usando aproximadamente 100 mL a solução extratora nº 1 ou nº 2, estabelecida conforme o item “a” acima (igual a 20 vezes a massa utilizada). Fechar o frasco e manter sob agitação em banho-maria durante 18 horas à temperatura de 25 °C. Após este período, medir o pH e filtrar a amostra. Recolher o filtrado em um balão volumétrico de 100 mL para análise de metais. Lavar o filtro e aferir com a solução de HNO₃ 1,0 mol L⁻¹. O extrato obtido é denominado "extrato lixiviado"

Procedimento: Limite máximo no extrato obtido no ensaio de solubilização

b) Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos:

Transferir 25 gramas da amostra para um erlenmeyer de 250 mL, usando aproximadamente 100 mL de água deionizada, agitar por cinco (5) minutos em banho-maria; Fechar o frasco e manter em repouso por sete (7) dias à temperatura de 25 °C. Após este período, medir o pH e filtrar a amostra. Recolher o filtrado em um balão volumétrico de 100 mL para análise de metais. Lavar o filtro e aferir com a solução de HNO₃ 1,0 mol L⁻¹. O extrato obtido é denominado "extrato solubilizado".

ANEXO VI
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFES
QUI09704 - TRATAMENTO DE RESÍDUOS EM MEIO AMBIENTE
QUESTIONÁRIO AULA DRX

1 - Qual seu conhecimento prévio sobre difratometria de raios x?

Nenhum Muito pouco Pouco Mediano Entendo do assunto

2 - Antes dessa aula, você conseguiria analisar um difratograma sem auxílio de um técnico?

Não Sim, com certa dificuldade Sim, tranquilamente

3 - A apresentação foi esclarecedora?

Sim Não

4- Após esta apresentação, você acredita que teria condições de manusear o equipamento?

Sim, pois eu já sabia. Sim, a aula foi proveitosa. Não.

5 - Você acha necessário incluir no curso de graduação de Química este tipo de aula técnica de acordo com o contexto de cada disciplina?

Sim, acrescenta e torna o ensino mais claro.

Não vejo necessidade.

Indiferente

ANEXO VII
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFES
QUI09704 - TRATAMENTO DE RESÍDUOS EM MEIO AMBIENTE
SEPARAÇÃO DAS FRAÇÕES
ABNT NBR 7181:2018 E ABNT NBR 6457:2016 (SIMPLIFICADA)

Coletar a amostra do resíduo e deixar as amostras secar ao ar. Destorroar e passar em peneiras de 2 mm. Guardar em recipiente etiquetado com nome do(s) estudante(s) e identificação da amostra.

Procedimentos:

a) Separação da fração areia.

Transferir 25 gramas da amostra para um béquer de 400 mL, usando aproximadamente 100 mL de água pH 10 (NH₄OH), misturado bem usando um bastão munido de borracha na extremidade. Dispersar a amostra durante 10 minutos no banho ultrassônico. Com esse tratamento é de se esperar que as partículas menores que 2 mm se desprendam dos fragmentos mais grossos. Deixar a solução em repouso por 4 segundos para cada cm de suspensão, o que permite a sedimentação da areia. Passar a suspensão através de uma peneira de 50 μm (0,053 mm) entornando devagar para não entupir a peneira, a fim de proceder à separação da fração areia da fração silte + argila. Recolha a suspensão em um Béquer de 600 mL. Transferir o sedimentado (areia) para a peneira e lave com água até que esteja livre de silte e argila. Transferir a areia para recipiente para secar, pesar e depois coloque um recipiente próprio para guardar, etiquetado com nome do(s) estudante(s) e identificação da amostra (areia).

b) Separação da fração silte e argila.

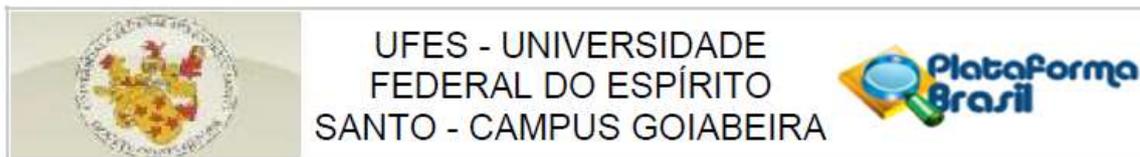
Transferir a suspensão obtida anteriormente para uma proveta de 1000 mL (com tampa) e complete o volume, usando água pH 10. Agite a suspensão (silte + argila) e anote o tempo. Deixar em repouso por 42 minutos para cada cm de suspensão (a 25 °C temperatura ambiente). A fração argila com diâmetro efetivo menor que 2 μm é separada da fração silte por repetidas sifonações a profundidades e intervalo de tempo calculado de acordo com a Lei de Stoke. Complete novamente o volume, usando água pH 10 ao sedimentado e repita o passo anterior. Transferir a suspensão sobrenadante (argila) à um balde com etiqueta de < 2 μm . Cuidado para que nenhum sedimento vá junto. Repetiu-se esse procedimento até a fração silte apresentar-se relativamente pura (sem argila). Transferir o sedimento (silte) para

estufa, secar a 110 °C e colocar em recipiente para guardar.

c) Preparação da argila

No balde, adicionar HCl 1 mol L⁻¹ para ajustar a suspensão ao pH 4,0 (floculação da argila). Após a floculação sifonar e jogar fora o líquido sobrenadante. Coloque no balde água destilada. Transfira para um tubo de centrifuga, centrifugar, jogar fora o sobrenadante. Colocar água destilada, misturar bem com um bastão de vidro, centrifugar e repetir três vezes, para remoção do excesso de sais. Transferir a argila para um recipiente para secar, pesar e depois coloque um recipiente próprio para guardar, etiquetado com nome do(s) estudante(s) e identificação da amostra (argila).

ANEXO VIII
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP/UFES)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SÍNTESE DE MADEIRA PLÁSTICA A PARTIR DE REJEITO DE MINERAÇÃO E RESÍDUO PLÁSTICO

Pesquisador: THAIANY SOUZA CANAL BRESSIANI

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 15461119.4.0000.5542

Instituição Proponente: Centro de Ciências Exatas- CCE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.469.591

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado por esse comitê, estando autorizado a ser iniciado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Assinado por:
KALLINE PEREIRA AROEIRA
(Coordenador(a))

ANEXO IX
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: Thaiany Souza Canal Bressiani
ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Rogerio Garcez de Moura
PARTICIPANTES: Alunos graduandos em Engenharia Civil da UFES.

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada “Desenvolvimento de madeira plástica a partir de rejeito de mineração de ferro e resíduo plástico”. Essa pesquisa contribuirá para o trabalho de dissertação da mestranda Thaiany Souza Canal Bressiani, inscrita no Programa de Pós Graduação em Química da UFES. Essa pesquisa é importante, pois irá verificar como a Química aplicada a Engenharia Civil contribui para a formação dos discentes.

- A pesquisa tem como objetivo verificar a potencialidade da utilização de temas relacionados a Engenharia Civil em uma prática laboratorial. O tempo estimado para a realização da pesquisa é de 2 horas e ocorrerá durante a Prática: Produção de um composto, da disciplina de “Química A Experimental”.
- A participação na pesquisa consiste no preenchimento de um questionário em formato de relato de prática, além de alguns registros fotográficos que serão feitos pela pesquisadora. Você poderá sentir-se desconfortável no momento da coleta de dados, mas, a fim de amenizar este desconforto, o questionário será feito individualmente e a pesquisadora sempre estará disponível para esclarecimentos. Os registros fotográficos só serão utilizados única e exclusivamente no meio acadêmico (dissertação da pesquisadora e artigos publicados), se necessário. Asseguramos também total sigilo e preservação da sua identidade, tirando a foto em ângulos que não permitem identificação ou utilizando tarja no rosto. É importante lembrar também que na apresentação dos resultados não serão citados em nenhum momento os nomes dos participantes.
- Os riscos físicos existentes são inerentes ao manuseio de equipamentos e algum acidente que possa ocorrer em laboratório. Porém, serão adotadas as medidas de segurança em laboratório a fim de minimizar o risco de possíveis acidentes.
- O benefício decorrente desta pesquisa é gerado a partir da apropriação de novos conhecimentos. A madeira plástica é uma alternativa para a construção civil, o que pode contribuir para o seu futuro profissional como Engenheiro Civil, além de favorecer um desenvolvimento sustentável.
- Em caso de eventual dano comprovadamente decorrente da pesquisa, você terá total direito de buscar indenização. Caso haja alguma despesa ao longo da pesquisa, será feito o ressarcimento/reembolso.
- Se após consentir em participar da pesquisa você desistir de continuar participando, você terá o direito e a liberdade de retirar-se a qualquer momento antes ou depois da coleta de dados, sem prejuízo a sua pessoa. É só entrar em contato com a pesquisadora.

- Garanto que este termo será redigido, assinado e rubricado pelo participante e pelo pesquisador, em duas vias, sendo que cada um ficará com uma via.

CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu declaro que li, ou foi me lido, as informações contidas neste documento, concordo em participar do estudo descrito acima. Fui devidamente informado e esclarecido pela pesquisadora sobre a pesquisa e os procedimentos nela envolvidos. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso interromper a pesquisa a qualquer momento, ou mesmo retirar meu consentimento, sem que isto acarrete qualquer prejuízo a mim, ao pesquisador ou a instituição.

Para sanar qualquer dúvida referente à pesquisa, o contato do pesquisador segue abaixo da assinatura do mesmo. Em caso de denúncias ou intercorrências com a pesquisa, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFES/Campus Goiabeiras poderá ser acionado pelo telefone (27) 3145-9820 ou pelo e-mail cep.goiabeiras@gmail.com. Caso queira ir pessoalmente ou encaminhar uma carta, segue o endereço: Av. Fernando Ferrari, 514, Campus Universitário, Prédio Administrativo do Centro de Ciências Humanas e Naturais (CCHN), Goiabeiras, Vitória - ES, CEP 29.075-910.

Vitória-ES, ____/____/____

Nome do aluno participante: _____

Assinatura do aluno participante da pesquisa

Pesquisadora Responsável - Thaiany Souza Canal Bressiani
e-mail: thaiany27@gmail.com

ANEXO X

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFES

QUÍMICA EXPERIMENTAL – ENGENHARIA CIVIL

ROTEIRO EXPERIMENTAL: PRÁTICA 4 – PRODUÇÃO DE UM COMPOSTO

O objetivo desta prática é simular a obtenção de madeira plástica, que pode ser utilizada em ambientes externos substituindo a madeira comum, como mostrado na apresentação inicial pela pesquisadora. A produção é feita em equipamentos específicos (como mostrado na aula), mas o procedimento foi modificado e adaptado para laboratório para fins didáticos.

- **Materiais:**

Lama proveniente do rompimento da barragem de Mariana (MG);

Plástico (PP) picotado;

Aglutinante – óleo de soja;

Balança;

Placa de Aquecimento;

Béquer;

Espátula;

Forminha de Alumínio;

Bacia de plástico;

Luva plástica;

Procedimento I: Utilize 60% de material plástico e 40% de lama.

a) Realize os cálculos para encontrar a massa de cada item;

b) Enquanto realiza esta etapa, ligue a placa de aquecimento em 100 °C;

c) Pese a quantidade calculada de material plástico e transfira a mesma para a bacia de plástico;

d) Pese a quantidade calculada de rejeito e transfira para o mesmo recipiente da letra c.

e) Adicione algumas gotas de óleo de soja (aglutinante) no recipiente e misture com as mãos (utilize a luva). Caso ainda haja plástico que não esteja com a lama aderida em sua superfície, adicione mais gotas de óleo. Repita este procedimento até que a toda a lama adicionada esteja impregnada no plástico. A proporção aproximada a ser utilizada é 10 g de óleo de soja/1000 g de amostra.

Procedimento II

a) Unte com o óleo de soja a forminha de alumínio, para que o material não grude;

b) Complete a forma de alumínio com o material preparado no procedimento I e coloque a forminha em cima da placa de aquecimento e observe;

c) Com auxílio de uma espátula, acrescente gradativamente o material preparado no procedimento I à medida que ele vai derretendo e diminuindo o volume. Quando o volume da madeira plástica atingir a metade da altura da forminha de alumínio, retirar a mesma da placa de aquecimento e deixar esfriando.

d) Após esfriar, retirar a madeira plástica do molde (forminha de alumínio).

ANEXO XI
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFES
QUÍMICA A EXPERIMENTAL – ENGENHARIA CIVIL
RELATÓRIO DA PRÁTICA 4 – PRODUÇÃO DE UM COMPOSTO

NOME: _____ Curso: _____ Período: _____

- 1 – Qual a diferença entre os termos “resíduo” e “rejeito”?

 - 2 – Qual é a reação química que ocorre para a obtenção do polipropileno (polímero utilizado no experimento)?

 - 3 – Os óxidos de ferro constituem os principais minerais encontrados nos depósitos ferríferos brasileiros. Cite 3 minerais encontrados no Brasil e a composição química dos mesmos.

 - 4 – Cite algumas vantagens de utilizar a madeira plástica no lugar da madeira convencional e os benefícios socioambientais gerados com esta substituição.

 - 5- Nesta prática, utilizamos rejeito de mineração de ferro e resíduo plástico para sintetizar madeira plástica. Cite exemplos de outros produtos que podem ser fabricados a partir desses resíduos (utilizados em conjunto ou separadamente).

 - 6- Quais foram as contribuições que esta prática trouxe para a sua formação?

 - 7 – Em sua opinião, qual a importância das disciplinas de Química do seu curso estarem interligadas com a Engenharia? Por quê?
- () Pouca importância () Importante () Muito importante