**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**Instituto de Química - Câmpus de Araraquara**

**ISABELA FERNANDES IERICK**

# Aprendendo a divulgar a ciência produzida na própria universidade:

Um *design* voltado à formação de graduandos em Química.

Araraquara

2025

**ISABELA FERNANDES IERICK**

# Aprendendo a divulgar a ciência produzida na própria universidade:

Um *design* voltado à formação de graduandos em Química.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara, para obtenção do título de Mestra em Licenciatura em Química.

Área de Concentração: Ensino de Química

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara

2025

Ierick, Isabela Fernandes
I22a Aprendendo a divulgar a ciência produzida na própria universidade : um design voltado à formação de graduandos em química. / Isabela Fernandes Ierick. -- Araraquara, 2025
130 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara
Orientador: Amadeu Moura Bego

1. Química (Ensino médio). 2. Divulgação científica. 3. Reação de oxidação-redução. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Araraquara**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Aprendendo a divulgar a ciência produzida na própria universidade: Um design voltado à formação de graduandos em Química"

**AUTORA: ISABELA FERNANDES IERICK**
**ORIENTADOR: AMADEU MOURA BEGO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Química, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO (Participaçao Presencial)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Prof. Dr. GILDO GIROTTO JUNIOR (Participaçao Presencial)
Departamento de Química Analítica / Instituto de Química - UNICAMP - Campinas

Dr. ADEMAR WONG (Participaçao Presencial)
Departamento de Química Analítica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara

Araraquara, 25 de junho de 2025

## IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa contribui para a formação científica, crítica e cidadã de estudantes de graduação, ao promover o desenvolvimento de habilidades em divulgação da ciência e a produção de materiais com potencial extensionista. Esses materiais ampliam o acesso ao conhecimento científico, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 4 (educação de qualidade) e 17 (parcerias e meios de implementação).

## POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research contributes to the scientific, critical, and civic education of undergraduate students by promoting the development of science communication skills and the production of outreach materials. These materials broaden access to scientific knowledge, in alignment with Sustainable Development Goals 4 (quality education) and 17 (partnerships for the goals).

## DADOS CURRICULARES

| IDENTIFICAÇÃO | |
|---|---|
| | ISABELA FERNANDES IERICK<br>24/05/1996 |
| **Nacionalidade** | brasileira |
| **Nome em citações bibliográficas:** | Ierick, Isabela<br>Ierick, I. |
| **Endereço profissional** | Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Campus de Araraquara<br>Departamento de química analítica, físico-química e inorgânica<br>Rua Duque de Caxias, 1501<br>Centro, Pirassununga – SP<br>CEP 13630-390<br>Telefone: (16) 997005624 |
| **Currículo Lattes** | http://lattes.cnpq.br/7412052778326066 |
| **ORCID** | N/A |
| **outro identificador** | N/A |
| **FORMAÇÃO ACADÊMICA** | |
| **2016/2022** | Licenciatura em Química<br>Universidade Estadual Paulista (UNESP) |
| **PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA** | |
| IERICK, I. F.; ALVES, R. F.; SILVA, L. N. C.; NETO, G. M.; MILAGRE; SOTOMAYOR, P. D. M. P. T. Magnetic MIPs: Synthesis and Applications. In: John M. Walker. (Org.). Methods in Molecular Biology. 1ed.Hatfield, 2021, v. 1, p. 1-286. | |
| **PARTICIPAÇÃO EM BANCAS E ORIENTAÇÕES** | |
| **Bancas de trabalhos de conclusão** | |
| N/A | |
| **Orientações** | |

IERICK, I. F. **A elaboração de um texto de divulgação científica sobre uso de polímeros seletivos em cromatografia para identificação de pesticidas.** 2022. Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, 2022.

## PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

XXX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP - IQ/ARARAQUARA, 2018, Araraquara. Título do trabalho apresentado: Síntese e aplicação de polímeros biomiméticos fluorescentes em cromatografia em camada delgada. 2018. (Apresentação de pôster).

XXXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP - IQ/ARARAQUARA, 2019, Araraquara. Título do trabalho apresentado: Síntese e aplicação de polímeros biomiméticos fluorescentes em cromatografia em camada delgada. 2019. (Apresentação de pôster).

41ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ), 2018, Foz do Iguaçu. Título do trabalho apresentado: Síntese e caracterização de polímeros fluorescentes com núcleo de sílica para aplicação em cromatografia em camada delgada. 2018. (Apresentação de pôster).

III WORKSHOP INCT DATREM, 2020, Araraquara. Título do trabalho apresentado: Síntese e caracterização de polímeros biomiméticos fluorescentes para aplicação *em cromatografia em camada delgada*. 2020. (Apresentação de pôster).

Global Conversation Day – Desenvolvimento sustentável em sinergia com a química verde, 2023, Araraquara. Participação como membro da comissão organizadora. Evento promovido pelo Instituto de Química da UNESP em 22 de setembro de 2023.

DESAFIOS PARA PESQUISAS EM REDE NA ÁREA DE ENSINO EM QUÍMICA, 1., 2024, Araraquara. 2024. (Comissão organizadora).

DESAFIOS PARA PESQUISAS EM REDE NA ÁREA DE ENSINO EM QUÍMICA, 1., 2024, Araraquara. Apresentação de painel: Como tornar indissociáveis ensino, pesquisa e extensão na química: Estudo sobre a implementação de um *design* inovador sobre oxidação de efluentes orgânicos e geração de combustíveis. 2024. (Seminário)

Dedico este trabalho aos meus pais, raízes profundas que sustentam meus sonhos e asas que me permitem voar.

## AGRADECIMENTOS

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

Ao Instituto de Química da UNESP pela formação de excelência e a todos os funcionários da instituição pelo apoio ao longo da minha graduação e pós-graduação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, por me mostrar meu potencial e me ensinar a ser mais “flexível” quando as coisas saem do controle. Devo a ele grande parte da minha evolução pessoal e profissional.

Aos integrantes do Programa de Educação Tutorial (PET), por me receberem e por encararem todas as nossas ideias com dedicação.

A Gyovanna e ao Leonardo, pela parceria, dedicação e auxílio durante a coordenação e desenvolvimento dos nossos trabalhos mesmo diante dos obstáculos, deixando tudo mais leve e divertido.

À Profa. Dra. Juliana Ferreira Brito, pelos ensinamentos, pela inspiração de mulher cientista de sucesso e por aceitar fazer parte da nossa equipe com muito empenho.

À Profa. Dra. Fernanda Zanolli Freitas, pelos ensinamentos durante toda a minha jornada acadêmica, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação e todo o carinho.

Aos meus pais, Maria Salete Fernandes Ierick e Aparecido Benedito Ierick, por sempre me fornecerem todo auxílio psicológico, sentimental, financeiro e familiar que me trouxe até aqui.

Ao meu namorado, Yuri Martins Fontoura, pela paciência nos momentos difíceis, carinho e apoio durante todas as minhas escolhas e processos.

Às minhas queridas amigas, Gabriela, Carolina, Leticia, Vanderly e Victória, por terem sido meu lar durante a graduação e, mesmo depois de anos, permanecerem.

Aos integrantes da Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ), pelo suporte, amizades, risadas e ensinamentos.

*A educação não transforma o mundo. Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo (Paulo Freire).*

(Freire, P., 1979, p. 84)[1]

[1] Freire, P. **Educação e mudança.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

## RESUMO

Esta pesquisa investiga o desenvolvimento de estudantes de graduação para a realização de atividades de Divulgação Científica (DC), com ênfase na produção de materiais com caráter extensionista, que visam aproximar o conhecimento científico da sociedade em geral. Reconhecendo a importância da DC como um instrumento fundamental para a socialização do conhecimento produzido na universidade, o estudo propõe uma abordagem formativa que combina aulas teóricas, palestras e atividades práticas voltadas para o desenvolvimento de competências comunicativas, compreensão crítica da ciência e da sua função social, além da construção da identidade dos estudantes como capazes de divulgar a ciência. O foco principal da formação está na capacitação dos estudantes para elaborar Textos de Divulgação Científica (TDC), reconhecidos como ferramentas eficazes para tornar o conhecimento acessível e compreensível a diferentes públicos, especialmente aqueles fora do meio acadêmico. Os TDC produzidos no âmbito deste projeto têm como base uma pesquisa científica sobre processos de oxidação e redução desenvolvida no Instituto de Química da UNESP, evidenciando a articulação entre ensino, pesquisa e extensão por meio da tradução do conhecimento acadêmico em linguagem acessível. A produção dos TDC é concebida não apenas como uma atividade acadêmica, mas como uma prática pré-extensionista, sendo que, uma vez posto em contato com seu público-alvo, o texto apresenta capacidade de ampliar o alcance social do conhecimento científico e contribui para a democratização da ciência. Ao longo da pesquisa, é analisado o percurso formativo dos estudantes, identificando os avanços no desenvolvimento de habilidades comunicativas, tais como clareza, adequação da linguagem e estratégias de engajamento do público. Além disso, a pesquisa destaca a reflexão crítica dos estudantes sobre o papel social da DC, fortalecendo a percepção da importância de uma comunicação ética, responsável e alinhada às necessidades sociais. Os resultados indicam que a formação oferecida, aliada à prática da produção de materiais extensionistas como os TDC, tem potencial de futuramente fortalecer a relação entre universidade e sociedade, ampliando o acesso ao conhecimento científico e fomentando uma cultura científica mais inclusiva e participativa.



**Palavras-chave:** Divulgação Científica; Textos de Divulgação Científica; Formação Acadêmica; Extensão Universitária.

## ABSTRACT

This research investigates the engagement of undergraduate students for engaging in Science Communication (SC) activities, with an emphasis on producing outreach-oriented materials aimed at bridging the gap between scientific knowledge and society at large. Recognizing the importance of SC as a fundamental tool for the socialization of knowledge produced at the university, the study proposes an educational approach that combines theoretical classes, lectures, and practical activities focused on developing communicative competencies, critical understanding of science and its social role, as well as fostering students' identities as capable science communicators. The core focus of the training lies in preparing students to write science communication texts, recognized as effective tools for making scientific knowledge accessible and understandable to diverse audiences, especially those outside academia. The TDC produced in this project are based on a scientific research study on oxidation and reduction processes developed at the Institute of Chemistry of UNESP, illustrating the articulation between teaching, research, and outreach through the translation of academic knowledge into accessible language. The production of these texts is conceived not merely as an academic activity, but as a pre-extensionist practice; once shared with a target audience, these texts have the potential to broaden the social reach of scientific knowledge and contribute to the democratization of science. Throughout the research, the students' formative journey is analyzed, identifying progress in the development of communicative skills such as clarity, appropriate language use, and audience engagement strategies. Additionally, the study highlights students' critical reflection on the social role of SC, reinforcing the perception of its importance as an ethical, responsible, and socially aligned form of communication. The results indicate that the training provided—alongside the practice of producing outreach materials like SCTs—holds the potential to strengthen the relationship between university and society, broaden access to scientific knowledge, and foster a more inclusive and participatory scientific culture.



**Keywords:** Science Communication; Science Communication Texts; Academic Training; University Outreach.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1 -** Termos que envolvem a DC de mais esquemática. ..... 32
**Figura 2 -** Esquema do instrumento adaptado para análise de TDC. ..... 38
**Figura 3 -** Equipe de trabalho multidisciplinar envolvida no gerenciamento do design. ..... 45
**Figura 4 -** Esquema utilizado para a realização da fotoeletrocatálise. ..... 52
**Figura 5 -** Esquema representativo do reator com seus dois compartimentos..... 53
**Figura 6 -** Esquema básico da estrutura didática das ações da pesquisa. ..... 57
**Figura 7 -** Vídeo aula sobre como desenvolver a atividade “three levels”..... 60
**Figura 8 -** Atividade “seminário disparador” sobre Divulgação Científica, transmitido via Google Meet. ..... 61
**Figura 9 -** Atividade de discussão sobre a promoção efetiva do conhecimento..... 62
**Figura 10** - Capas dos TDC produzidos durante a implementação da pesquisa. ..... 88
**Figura 11 -** Esquema para análise do TDC abrangendo a análise do conteúdo. ..... 89
**Figura 12 -** Esquema para análise do TDC abrangendo a análise do conteúdo. ..... 98
**Figura 13 -** Exemplificação do efeito estufa..... 102
**Figura 14 -** Comparação entre fotossíntese e eletrocatálise..... 103
**Figura 15 -** Esquema reacional de todo o processo da pesquisa. ..... 103
**Figura 16 –** Deposição do óxido de titânio no eletrodo..... 103
**Figura 17 -** Exemplificação do ciclo do carbono. ..... 104
**Figura 18 -** Representação do reator utilizado na pesquisa e cubo mágico utilizado como analogia, à direita e à esquerda, respectivamente. ..... 105
**Figura 19 -** Representação de uma pilha eletroquímica. ..... 105
**Figura 20 -** Representação dos elementos titânio (Ti) e zircônio (Zr), respectivamente. ... 106
**Figura 21 -** Representação dos elementos titânio (Ti) e zircônio (Zr), respectivamente. ... 106
**Figura 22 -** Sistema e reator utilizados na pesquisa. ..... 107
**Figura 23 -** Esquematização geral de toda a pesquisa e representação lúdica do ser humano “fazendo as pazes” com a mãe natureza, respectivamente. ..... 107
**Figura 24 -** Impactos do aquecimento global..... 108
**Figura 25 -** ilustração da molécula do álcool benzílico e esquema de comparação do funcionamento do reator a um “trator”..... 109
**Figura 26 -** Figura real do reator e sistema utilizados na reação. ..... 109
**Figura 27 -** Exemplificação da reação de oxirredução no reator..... 109
**Figura 28 -** Exemplificação do conceito de “pilha”. ..... 110
**Figura 29 -** Exemplificação do reator e da reação. ..... 110
**Figura 30 -** Box informativo do TDC 1. ..... 111
**Figura 31 -** Box informativo do TDC 1. ..... 112

**Figura 32 -** Box informativo do TDC 1 ..... 112
**Figura 33 -** Boxes informativos do TDC 2..... 113
**Figura 34 -** Box informativo do TDC 3 ..... 114
**Figura 35 -** Boxes informativos do TDC 3..... 114
**Figura 36 -** Boxes informativos do TDC 3..... 115
**Figura 37 -** Boxes informativos do TDC 4..... 116
**Figura 38 -** Boxes informativos do TDC 4..... 116
**Figura 39 -** Boxes informativos do TDC 4..... 117

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1 -** Categorias e códigos analíticos utilizados para análise das falas. .....66
**Quadro 2 -** Questões, fontes e instrumentos de pesquisa.....70
**Quadro 3 -** Códigos analíticos da categoria “desenvolvimento de habilidades de Divulgação Científica”. .....72
**Quadro 4 -** Códigos analíticos da categoria “Envolvimento com o processo científico”. .....79
**Quadro 5 -** “Códigos analíticos da categoria “Consciência ética e sociopolítica”. ....83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| **C&T** | Ciência e Tecnologia |
| **CAPES** | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| **CDMF** | Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais |
| **CEPIDs** | Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão |
| **DBR** | *Design-Based Research* |
| **DC** | Divulgação Científica |
| **DDC** | Discurso da Divulgação da Ciência |
| **FNDE** | Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação |
| **IC** | Iniciação Científica |
| **MEC** | Ministério da Educação |
| **PET** | Programa de Educação Tutorial |
| **PET-IQ** | PET do Instituto de Química |
| **PNE** | Planos Nacionais de Educação |
| **RIPEQ** | Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química |
| **SC** | Science Communication |
| **TCC** | Trabalho de Conclusão de Curso |
| **TDC** | Textos de Divulgação Científica |
| **UFMS** | Universidade Federal de Mato Grosso do Sul |

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 20**
**2 OBJETIVOS ..... 30**
**2.1 Objetivos específicos ..... 30**
**3 DEFINIÇÃO E APROFUNDAMENTO TEÓRICO: BASES CONCEITUAIS DA DC E DA ELABORAÇÃO DE TDC ..... 32**
**3.1 Divulgação Científica: importância e conceito ..... 32**
**3.2 Texto de divulgação científica: importância e conceito ..... 36**
**4 DESENVOLVIMENTO DO *DESIGN* ..... 40**
**4.1 Caracterização do contexto da pesquisa ..... 42**
**4.2 Princípios do *design* ..... 43**
**4.3 Contexto da pesquisa: caracterização da equipe multidisciplinar ..... 44**
**4.3.1 O PET-QUÍMICA ..... 46**
**4.3.2 O grupo pertencendo ao GEAr: Grupo *Electron* ..... 48**
**4.3.3 Conteúdo químico estruturante para o TDC: oxidação de efluentes e geração de combustíveis ..... 51**
**4.4 Estruturação das atividades do projeto ..... 54**
**4.5 Implementação do projeto no contexto pet-química ..... 56**
**4.6 Fontes de informação e instrumento de coleta de dados ..... 65**
**4.7 Categorização das falas ..... 65**
**4.8 Forma de análise dos dados ..... 68**
**4.9 Triangulação de informações ..... 70**
**5.0 Resultados e discussão ..... 69**
**5.1 Análise das falas dos alunos durante as atividades: investigação sobre a percepção e desenvolvimento dos participantes frente ao projeto ..... 71**
**5.1.1 Categoria "Desenvolvimento de habilidades de DC" ..... 72**
**5.1.2 Categoria "Envolvimento com o processo científico" ..... 78**
**5.1.3 Categoria "Consciência ética e sociopolítica" ..... 83**
**5.2 Análise dos tdc: investigação sobre os produtos finais do *design* ..... 86**
**5.2.1 Elementos e características do TDC em relação ao conteúdo ..... 89**
**5.2.2 Elementos e características do TDC em relação à forma ..... 98**

**5.3 Concretização dos princípios de *design* na formação de alunos para o desenvolvimento de dc ..... 119**
**6 APERFEIÇOAMENTO DO *DESIGN* E PERSPECTIVAS FUTURAS ..... 123**
**7 CONCLUSÕES ..... 126**

## APRESENTAÇÃO

Desde pequena, desenvolvi a convicção de que meus estudos deveriam ser uma escolha pessoal, e não uma obrigação imposta. Esse pensamento foi muito influenciado pela forma como meus pais me criaram, especialmente meu pai, que sempre me permitiu tomar minhas próprias decisões, desde que não fossem muito radicais. Foi nesse contexto que acabei repetindo a quinta série, devido às muitas faltas. Lembro-me de uma conversa breve com meu pai, em que ele explicou que aquela era a consequência das minhas atitudes, deixando claro que eu precisava assumir responsabilidade pelos meus atos. Esse momento marcou uma virada importante na minha vida, fazendo com que eu passasse a agir de forma mais consciente e comprometida, e começasse a levar os estudos a sério.

Na minha casa, sempre convivi com exemplos bastante contrastantes: meu pai, que tinha uma relação negativa com a escola e com os professores — o que o levou a abandonar os estudos —, e minha mãe, que concluiu o ensino médio e fez um curso técnico, influenciada pelo apoio dos seus professores. A presença desses dois modelos tão distintos me ajudou a compreender a importância do apoio familiar e da liberdade para escolher o próprio caminho, o que sempre esteve presente durante minha formação.

Por essa razão, sempre encarei o ambiente escolar como um espaço ao qual eu optava por ir, o que me fez desenvolver o hábito de observar o comportamento dos professores e como eles influenciavam meu interesse em participar das aulas. Esse olhar crítico me levou a desejar tornar-me uma influência positiva para outros estudantes, o que motivou minha decisão de cursar Licenciatura em Química.

Durante a graduação, percebi que sempre adotei uma postura crítica ao analisar as aulas, valorizando professores que utilizavam métodos diferenciados e que conseguiam estabelecer uma conexão mais pessoal com os alunos. Essa experiência reforçou meu interesse pela área de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos, já que constantemente me pegava refletindo sobre como os conteúdos eram apresentados e assimilados. Logo na primeira aula com um professor especializado no ensino de química, Prof. Dr. Amadeu Moura Bego. Neste momento senti um forte desejo de desenvolver uma pesquisa na área. No entanto, um convite para realizar Iniciação Científica (IC) com um amigo, doutorando em Química Orgânica, acabou me

direcionando para outro caminho naquele momento. Dediquei-me intensamente a essa pesquisa ao longo de quase toda a graduação, o que aprofundou meus conhecimentos técnicos, mas não silenciou a inquietação que eu sentia em relação ao papel social da ciência e à formação científica dos estudantes.

Foi durante o estágio obrigatório da graduação que essa inquietação ganhou nova força. Ao preparar e ministrar uma aula para alunos de uma escola técnica, senti pela primeira vez que eu realmente estava contribuindo com algo significativo. Essa experiência foi marcante e me fez entender, de forma muito clara, que era no campo do ensino que eu me sentia realizada. A partir desse momento, comecei a procurar entender melhor os projetos desenvolvidos na área, com o intuito de encontrar um caminho mais alinhado aos meus propósitos.

Durante a elaboração do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), procurei o Prof. Amadeu, que me acolheu de forma generosa. Foi ele quem me apresentou à área da Divulgação Científica (DC), um campo que, desde o início, se mostrou extremamente compatível com aquilo que eu gostaria de desenvolver. A comunicação — algo com que sempre tive afinidade — e, sobretudo, a necessidade de adaptar a linguagem para diferentes públicos, despertaram profundamente meu interesse. A DC me pareceu uma forma potente de transformar a relação entre ciência e sociedade, tornando o conhecimento mais acessível, humano e relevante para todos.

Apesar desse encantamento, após a graduação, quando fui aprovada no mestrado, acabei seguindo mais uma vez o caminho da Química Orgânica no mestrado. Penso que o motivo tenha sido a comodidade e segurança de já ter um conhecimento na área. Durante um ano, tentei, novamente, me inserir na pesquisa em Química, mas esse percurso só reforçou a certeza de que o meu lugar é na área do ensino. Foi então que, com o mesmo acolhimento de antes, o professor Amadeu me permitiu realizar a transferência de orientação e de área, para que eu pudesse, enfim, desenvolver uma pesquisa que dialogasse com minha trajetória e meus interesses reais.

Pensamos juntos em um projeto que despertasse meu entusiasmo e que também tivesse impacto social. Assim nasceu o presente trabalho, construído com muito carinho, dedicação e compromisso com a formação de estudantes que também possam atuar futuramente como comunicadores da ciência. Hoje, tenho plena convicção de que quero seguir lecionando para alunos da Educação Básica, pois

acredito que é nesse espaço que se constrói uma mudança profunda e duradoura. Ao mesmo tempo, sigo firme no propósito de atuar com a DC, pois entendo que ensinar e divulgar não são caminhos excludentes, mas, sim, complementares, capazes de transformar tanto o indivíduo quanto a sociedade.

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a universidade, que surgiu como consequência da formação das elites em instituições europeias, tinha um objetivo completamente diferente do atual. Inicialmente, focou-se na formação das elites, ignorando em grande parte às demandas sociais mais amplas, como a classe trabalhadora e os problemas sociais (Eidt; Calgaro, 2021).

Até o final do século XIX, a universidade assumia o papel de guardiã e transmissora do saber, voltada à manutenção da ordem e da civilização, beneficiando apenas uma parcela restrita da sociedade e orgulhando-se da elevada qualidade de seus acadêmicos (Eidt; Calgaro, 2021).

Porém, à medida que as revoluções sociais e políticas se intensificaram, as instituições de ensino superior começaram a se abrir e a reconhecer seu papel no desenvolvimento nacional. Necessariamente, essa transformação foi consequência de grupos representativos dos segmentos menos favorecidos, que reivindicaram ou mesmo exigiram que essa instituição não se vinculasse apenas às elites (Eidt; Calgaro, 2021).

Também é importante ressaltar que, durante essa “revolução acadêmica”, a criação da extensão universitária foi um marco, pois essa ação se tornou fundamental para transformar tanto a universidade quanto a sociedade, promovendo a busca por justiça social e a construção de um ambiente mais democrático (Eidt; Calgaro, 2021).

Particularmente no Brasil, a extensão foi formalmente estabelecida em 1968, com a publicação da Lei da Reforma Universitária. A Lei nº 5.540 (BRASIL, 1968) trouxe uma reformulação profunda das universidades públicas e tornou a extensão uma atividade obrigatória, devendo estar integrada ao ensino e à pesquisa.

Na década de 1970, foi criada a Coordenação das Atividades de Extensão (CODAE), e, posteriormente, na década de 1980, ocorreu o I Encontro Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras (FORPROEX), em Brasília. Durante o evento, a extensão universitária foi definida da seguinte maneira:

> A extensão universitária é o processo educativo, cultural e científico que articula o ensino e a pesquisa de forma indissociável e viabiliza a relação transformadora entre universidade e sociedade. A extensão é uma via de mão dupla, com trânsito assegurado à comunidade acadêmica, que encontrará, na sociedade, a oportunidade de elaboração da

> práxis de um conhecimento acadêmico (FORPROEX, 2012, p. 8).

Essa expansão do papel das universidades refletiu a necessidade de interligar o conhecimento acadêmico com as demandas sociais, trazendo para o centro do debate o compromisso das universidades em contribuir ativamente para a transformação da sociedade (Eidt; Calgaro, 2021). A interação entre universidades e a sociedade tem se tornado um aspecto central na avaliação do impacto dessas instituições em suas comunidades. As universidades, além de seus tradicionais papéis de ensino e pesquisa, são também agentes catalisadores de desenvolvimento econômico, social, científico-tecnológico e cultural. O impacto que essas instituições geram podem influenciar diretamente o entorno social e econômico (Curi; Wood, 2021).

A extensão universitária, embora seja uma das funções essenciais das universidades, tem enfrentado desafios significativos no Brasil. Há um crescente questionamento sobre o papel das universidades na sociedade, o que muitas vezes leva as instituições a priorizarem a comunicação de seu papel social e educacional de maneira mais eficaz. No entanto, a extensão ainda enfrenta dificuldades para ser plenamente desenvolvida e reconhecida, sendo muitas vezes negligenciada em relação ao ensino e à pesquisa (Curi; Wood, 2021).

Do ponto de vista normativo e de legislação, os Planos Nacionais de Educação (PNE) para os anos 2001-2010 e 2011-2020 estabeleceram metas específicas para fortalecer a Extensão. O PNE 2001-2010, por exemplo, definiu a obrigatoriedade de que, até 2015, pelo menos 10% do total de horas curriculares de formação acadêmica fossem dedicadas a programas e projetos de extensão fora dos espaços de sala de aula. Além disso, buscou-se fomentar a criação de componentes curriculares integrados às ações de extensão, reconhecendo sua dimensão pedagógica e como elemento de construção do conhecimento.

No entanto, a implementação dessas metas enfrentou desafios significativos. A falta de suporte institucional adequado, a ausência de acompanhamento efetivo por parte do Ministério da Educação (MEC) e a resistência de algumas instituições dificultaram a consolidação da extensão como parte integrante da formação acadêmica. Além disso, a escassez de recursos financeiros e a sobrecarga de atividades acadêmicas contribuíram para que a extensão fosse muitas vezes marginalizada no currículo universitário.

O PNE 2014-2024, por sua vez, reafirmou a importância da extensão, estabelecendo metas para a ampliação do acesso à educação superior e a melhoria da qualidade do ensino. No entanto, apesar das diretrizes estabelecidas, a efetivação da extensão como componente curricular obrigatório ainda enfrenta obstáculos relacionados à falta de infraestrutura, capacitação docente e reconhecimento institucional.

Esses desafios evidenciam a necessidade de um comprometimento mais robusto por parte das instituições de ensino superior e do MEC para superar as barreiras que impedem a plena implementação da extensão universitária, garantindo que ela se torne uma prática consolidada e reconhecida no processo formativo dos estudantes.

Embora tenha havido avanços, a extensão ainda é frequentemente considerada uma atividade complementar, em vez de ser reconhecida como um pilar essencial da universidade. Nesse contexto, torna-se fundamental realizar investigações sistemáticas sobre os projetos universitários, que possam apoiar o processo de consolidação da extensão como parte integral da missão acadêmica. Esse apoio pode vir de dentro da universidade, por meio da promoção de uma compreensão mais profunda sobre a extensão e sua relevância. A formação de futuros professores, conscientes dessa importância, também desempenha um papel essencial nesse processo.

Além disso, a sociedade externa tem um papel crucial nesse processo, especialmente por meio de profissionais como jornalistas, comunicadores e outros especialistas, que podem atuar como divulgadores e facilitadores da conscientização sobre a importância da extensão. Esses profissionais, ao colaborarem com as universidades, ajudam a desmistificar a ideia de que a extensão é uma atividade complexa e inacessível. Eles contribuem para que futuros químicos, professores e outros profissionais compreendam a extensão como uma parte essencial da formação acadêmica, afastando o estigma de que se trata de algo distante ou difícil de integrar ao currículo.

Nesse contexto, a Divulgação Científica (DC) tem desempenhado um papel fundamental, atuando como um importante suporte para essas iniciativas ao promover a conexão entre sociedade e universidade. Ela vem desempenhando um papel de devida importância na democratização do conhecimento, abrangendo diversas frentes

que colaboram para sua propagação. Essas frentes incluem educação, assessorias de imprensa, redes sociais, mídias digitais, museus, e outros meios, todos trabalhando de forma integrada para ampliar o acesso ao conhecimento (Farias *et al*., 2025).

O termo DC é utilizado no Brasil normalmente para expressar a interação entre a ciência e o público em geral. Esse processo acontece quando a comunicação é destinada a um público não especialista (público em geral), tendo um objetivo de facilitar a compreensão da Ciência e Tecnologia (C&T).

A DC acompanha o avanço do conhecimento e das tecnologias, sendo voltada para diversos propósitos: I) educacional, que busca ampliar o entendimento e a percepção do público geral sobre a ciência e seus princípios; II) cívico, que, por sua vez, se refere ao fortalecimento da opinião pública, com ênfase nos efeitos das inovações científicas e tecnológicas sobre a sociedade, especialmente no processo de tomada de decisões e III) mobilização popular, que busca ampliar tanto a possibilidade quanto a qualidade da participação da sociedade na formulação de políticas públicas e na escolha de alternativas tecnológicas (Farias *et al*., 2025).

A prática da DC não apenas tem se mostrado fundamental para a sociedade, mas também para o progresso científico. Além de contribuir para a democratização do conhecimento, representa um compromisso crucial da ciência em garantir visibilidade, legitimidade, recursos e confiança por parte da população nas instituições, como as universidades públicas (Polino; Castelfranchi, 2012).

Um estudo feito por Farias *et al*. (2025) revela que graduandos, docentes, pós-graduandos e pesquisadores apresentam uma visão positiva sobre a DC, reconhecendo sua importância tanto para a comunidade acadêmica quanto para a população em geral. A maioria dos participantes valoriza a produção científica autoral e considera essencial que os próprios pesquisadores divulguem seus trabalhos, facilitando o acesso de outros especialistas e da sociedade ao conhecimento produzido. A pesquisa também destaca que a DC é vista como uma estratégia para superar essa barreira, tornando o conhecimento científico acessível de forma mais simples e interativa. Além disso, a importância de garantir que a informação científica seja transmitida de maneira clara e compreensível para o público leigo é enfatizada, para que a população tenha uma maior compreensão sobre os avanços científicos e suas implicações no cotidiano.

Pensando nas diferentes maneiras de atingir o público-alvo, os meios de comunicar à sociedade sobre informações de C&T são muito variados, e cada vez mais, estão surgindo novas ferramentas de comunicação. Alguns meios de divulgar a ciência podem ser jornais, revistas, televisão, rádio, internet e podem acontecer em diferentes espaços, como centros de ciência, museus, instituições de ensino e outros (Lima; Giordan, 2017; Cunha, 2019).

Em contrapartida, à medida que as ferramentas e práticas de DC se multiplicam, surge uma preocupação: a desvalorização do conhecimento científico. Embora a DC, quando bem realizada, tenha o potencial de valorizar esse conhecimento, sua execução equivocada pode gerar o efeito oposto. Essa frase pode soar estranha e contraditória, mas possui uma explicação plausível. O desenvolvimento de um material de DC não ocorre de maneira simples, se faz necessário um processo formativo que envolva a conscientização sobre os objetivos da divulgação, o domínio das linguagens adequadas para cada público, o estudo profundo do conteúdo a ser comunicado e uma postura crítica diante da própria prática científica. Caso o material seja desenvolvido de maneira simplista, sem o embasamento necessário ou sem considerar os elementos que tornam a comunicação significativa, ele pode não só deixar de cumprir seu papel social, como também causar um desserviço. Uma linguagem excessivamente técnica, por exemplo, tende a afastar o leitor leigo, dando a impressão que a ciência é algo inacessível e entediante. Da mesma forma, uma abordagem que omite detalhes sobre a diversidade dos grupos de pesquisa, como a ausência de representações femininas ou negras, pode reforçar estereótipos elitistas e excludentes, como a ideia de que o cientista é sempre um homem branco, à semelhança de figuras como Einstein. Além disso, a falta de contextualização ética, social e política das pesquisas divulgadas pode transmitir a falsa ideia de que a ciência está acima dessas dimensões humanas, contribuindo para uma visão tecnocrática e descompromissada com as implicações da prática científica. Nesse sentido, a ausência de intencionalidade crítica e sensível à complexidade no momento da divulgação pode enfraquecer o papel social da DC, afastando o público e reforçando barreiras que ela, idealmente, deveria romper (Sotério; Queiroz, 2020).

Uma das problemáticas que podem ser apontadas durante a escrita da DC, é a falta de imposição das ideias e visões do próprio sujeito/autor do material, que pode

tender a uma escrita mais técnica e científica. Isso pode ser um problema, porque uma das características da DC é justamente a aproximação com o leitor, para que este se envolva ainda mais com o conteúdo. Tendo em vista a intenção de contornar a problemática do "apagamento" do sujeito, quando este expõe suas ideias de maneira neutra e quase ausente, é importante se atentar ao discurso utilizado para a divulgação da ciência. Nesse sentido, é defendido que a DC deve ser reconhecida como um gênero do discurso, apresentando características particulares, que se desenvolvem em diferentes condições de produção em comparação com a produção do conhecimento científico (Zamboni, 2001; Cunha, 2019).

Observa-se que, apesar do atual crescimento significativo de atividades que envolvem a comunicação da ciência, a DC enfrenta uma série de desafios que precisam ser superados. No Brasil, os principais desafios que são encontrados podem ser resumidos em três partes (Gascoigne *et al.*, 2020).

Primeiramente, é essencial que na DC seja pensada como uma estratégia de alcance amplo, voltada a toda a população, incluindo classes médias e baixas, em contextos tanto urbanos quanto rurais. No entanto, é importante reconhecer que cada prática de DC, individualmente, se dirige a um público-alvo específico, definido de acordo com o formato, a linguagem e os objetivos do material produzido. Assim, embora cada ação isolada tenha um alcance delimitado, o conjunto articulado dessas práticas deve contribuir para a ampliação efetiva do acesso à informação científica em diferentes segmentos sociais. Para isso, são necessários tempo, recursos e investimento em práticas comunicativas bem planejadas. Uma ação que pode colaborar para enfrentar esse desafio é o fortalecimento da DC em rede, promovendo maior integração entre centros de ciência, museus, escolas e outros agentes envolvidos. Essa articulação favorece a superação das desigualdades na distribuição da informação científica, ampliando seu alcance social. (Gascoigne *et al*., 2020).

O segundo desafio diz respeito às políticas públicas, que representam um obstáculo significativo devido à sua vulnerabilidade, pois uma política implementada em prol da DC pode estar sujeita a mudanças ou até mesmo ser encerrada diante de alterações de governo. Essa problemática pode ser combatida por meio do fortalecimento das estruturas existentes e criação de novas políticas incentivadoras para obter um desempenho mais amplo, inclusivo e qualificado (Gascoigne *et al.*, 2020).

Por fim, a melhoria da qualidade da DC atual é crucial, envolvendo o aumento do treinamento para jornalistas, comunicadores científicos e cientistas, bem como o estímulo à participação de alunos de graduação e pós-graduação e a incorporação de novas tecnologias e práticas nos centros de ciência e museus (Gascoigne *et al.*, 2020).

De acordo com Moita e Andrade (2017), quando a extensão não é praticada ocorre uma limitação na compreensão ético-político-social ao não se pensar na sociedade como o destinatário do conhecimento científico. Sendo assim, é importante reconhecer a relevância de facilitar a comunicação do conhecimento gerado nas universidades para a sociedade, garantindo que as descobertas acadêmicas sejam acessíveis.

Nesse sentido, a ausência de práticas extensionistas efetivas pode comprometer não apenas a difusão do conhecimento, mas também a formação crítica e cidadã dos estudantes, que deixam de compreender o papel social da ciência e sua responsabilidade diante das demandas da sociedade (Moita; Andrade, 2017). Reconhecer a necessidade de comunicar os saberes produzidos na universidade de maneira acessível é, portanto, um passo fundamental para que a ciência cumpra sua função social.

Sendo assim, a proposta desta pesquisa nasce da necessidade de oferecer uma formação mais estruturada para alunos de graduação envolvidos com projetos de extensão, especialmente no que diz respeito ao incentivo para que esses alunos se engajem no aprendizado sobre DC. Parte-se do entendimento de que, para além da participação em atividades práticas, esses alunos precisam entender a importância por trás do que está sendo desenvolvido. E além disso, serem apoiados no desenvolvimento de habilidades que lhes permitam comunicar o conhecimento científico de forma acessível e socialmente relevante.

A partir disso, a presente pesquisa implementou um *design,* em etapas formativas, voltadas tanto para a compreensão dos conceitos e da importância da DC quanto para o entendimento de um conteúdo químico específico. Foi utilizada, neste caso, uma pesquisa do Instituto de Química (IQ) de Araraquara, relacionada à oxidação de efluentes orgânicos e à geração de combustíveis. O foco, portanto, esteve na mediação entre o conteúdo científico e sua adaptação para públicos diversos. A intenção foi de buscar capacitar os estudantes da graduação envolvidos

em projetos extensionistas, para que estes, tenham capacidade de atuar como comunicadores capazes de tornar a ciência compreensível fora do meio acadêmico.

Dentre projetos de extensão, que buscam conectar a universidade com a comunidade, O Programa de Educação Tutorial (PET) se destaca, não só no IQ. Por isso este grupo foi escolhido para trabalhar em parceria durante a pesquisa

A escolha de trabalhar com o grupo PET justifica-se por diversas razões que convergem para o potencial formativo e o alcance social desse coletivo. O PET é reconhecido por sua atuação interdisciplinar e pela integração entre ensino, pesquisa e extensão, aspectos que favorecem a vivência prática dos conceitos de DC em um contexto real e dinâmico. Além disso, o PET oferece um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades de DC, pois seus membros são estudantes comprometidos que atuam diretamente na interface entre a universidade e a comunidade.

No caso específico do PET do Instituto de Química (PET-IQ/CAr), deve-se principalmente à proximidade e familiaridade que o grupo já possui com a professora Dra. Juliana Ferreira de Brito, responsável pela “pesquisa base” – pesquisa que este trabalho teve como objetivo divulgar – o que facilita o acompanhamento e a orientação durante as atividades. Além disso, a possibilidade de realizar encontros presenciais regulares contribuiu para o engajamento dos alunos e a continuidade do trabalho. O PET-IQ/CAr também mantém uma relação relativa com o grupo de pesquisa em química analítica (pesquisa base), permitindo um contato direto com conteúdos científicos atualizados. Outro fator importante é a convivência entre os membros do PET e a Profa. Dra. Juliana, que lecionou diversas disciplinas no IQ, o que fortalece a integração entre os grupos e cria um ambiente favorável para o desenvolvimento das atividades de DC.

Esta pesquisa se baseia em um ciclo anterior desenvolvido por uma pesquisa do tipo *Design-Based Research* (DBR), que trabalhou com o grupo PET-IQ/CAr e propôs um conjunto de ferramentas e atividades com o intuito de formar alunos capazes de desenvolver Textos de Divulgação Científica (TDC). Embora esta pesquisa inspiradora, desenvolvida por Primo (2023), tivesse como um de seus principais objetivos investigar a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, o presente trabalho não adota essa mesma perspectiva, concentrando-se exclusivamente na formação para a DC. O que se toma da DBR anterior é a estrutura

formativa implementada, que serviu de inspiração para o desenvolvimento da nova versão do *design* aqui proposto.

Ao longo do processo, buscou-se desenvolver e avaliar a efetividade de um *design* formativo voltado à produção de TDC, inspirado no ciclo formativo proposto por Primo (2023), com o objetivo de contribuir para a formação dos alunos do grupo PET em habilidades de DC. A proposta visa não apenas à produção e aprimoramento destes textos, mas também à adaptação de conteúdos científicos para diferentes públicos, à reflexão crítica sobre o papel social da ciência e à compreensão do processo comunicativo como parte essencial da atuação científica.

De forma geral, podemos sintetizar os problemas apresentados até aqui, que constituem as principais motivações da presente pesquisa: a relação enfraquecida entre universidade e sociedade, especialmente no que diz respeito à pouca ou quase nenhuma divulgação das pesquisas relevantes realizadas nas instituições acadêmicas. Muitas vezes, a população não tem conhecimento das investigações científicas que ocorrem dentro das universidades, o que gera uma distância entre o meio acadêmico e o público em geral. Essa ausência de acesso contribui para visões distorcidas sobre a ciência, dificultando a compreensão do processo científico e sua importância para a sociedade. Além disso, em um contexto de crescente desinformação, há uma crise de credibilidade na qual a população encontra dificuldade para distinguir notícias verdadeiras de falsas, o que reforça a necessidade urgente de melhorar a DC. Essa situação compromete não apenas o entendimento dos avanços científicos, mas também a participação cidadã crítica em temas que envolvem ciência, tecnologia e suas implicações sociais (Lima; Giordan, 2017).

Tendo em vista essas principais motivações, a inovação da presente pesquisa se fundamentou no planejamento e implementação de um *design* que envolveu atividades formativas com os petianos, focadas tanto no aprofundamento do conhecimento sobre uma pesquisa específica (pesquisa base) do IQ, quanto na preparação dos alunos para a produção de uma DC de qualidade, capaz de tornar essa pesquisa acessível e compreensível para diferentes públicos.

A pesquisa base foi publicada em forma de artigo, intitulado *Turning carbon dioxide into fuel concomitantly to the photoanode-driven process of organic pollutant degradation by photoelectrocatalysis*, que investiga a conversão de dióxido de carbono em combustível, simultaneamente à degradação de poluentes orgânicos por

meio de um processo fotoeletrocatalítico. Este artigo foi um dos matérias utilizados para o aprofundamento da pesquisa pelos petianos (Brito *et al.*, 2019).

Neste capítulo, delimitamos os problemas e motivações que nos inspiraram para o desenvolvimento do *design* e das investigações propostas pela presente pesquisa. Dessa forma, ao longo do processo, buscou-se desenvolver e avaliar a efetividade de um *design* formativo voltado à produção de TDC, inspirado no ciclo formativo proposto por Primo (2023), com o objetivo de contribuir para a formação dos alunos do grupo PET em habilidades de DC. A proposta visa não apenas à produção e aprimoramento de TDC, mas também à adaptação de conteúdos científicos para diferentes públicos, à reflexão crítica sobre o papel social da ciência e à compreensão do processo comunicativo como parte essencial da atuação científica.

Sendo assim, analisa-se como os alunos se engajam nas etapas do *design*, como evoluem em suas capacidades comunicativas e como constroem percepções mais amplas e contextualizadas da ciência em diálogo com a sociedade. A partir das motivações e diretrizes discutidas neste capítulo, passamos agora à apresentação dos objetivos que nortearam o desenvolvimento e a análise do *design* formativo proposto.

## 2 OBJETIVOS

Desenvolver e avaliar a efetividade de um *design* formativo voltado para a DC, adaptado de uma pesquisa inspiradora, realizada por Primo (2023), com foco na formação de alunos do grupo PET para a produção e aprimoramento de TDC, a adaptação do conteúdo científico para diferentes públicos e a reflexão crítica sobre o papel social da ciência e da DC.

Como desdobramento desse objetivo principal, propõem-se os seguintes objetivos específicos.

### 2.1 objetivos específicos

I. Desenvolver e aplicar atividades formativas inspiradas na proposta de Primo (2023), com foco no desenvolvimento de habilidades para a produção e aprimoramento de TDC pelos alunos do grupo PET.
II. Interpretar os TDC e as interações gravadas durante o processo formativo, identificando evidências do desenvolvimento de competências em DC e da capacidade de adaptação do conteúdo científico para diferentes públicos.
III. Avaliar a efetividade do *design* implementado, considerando o engajamento dos alunos, as percepções sobre o processo e os produtos finais gerados.
IV. Investigar como o envolvimento com as atividades de DC contribui para uma maior consciência sobre o papel da ciência na sociedade e para o fortalecimento do interesse e da postura reflexiva dos alunos em relação à comunicação do conhecimento científico.

Sendo assim, a pergunta que orientou a pesquisa foi:

Em que medida um design formativo voltado à produção de Textos de Divulgação Científica contribui para o desenvolvimento de habilidades de DC, para a adaptação de conteúdos a diferentes públicos e para o fortalecimento de uma postura mais crítica e engajada dos alunos do grupo PET em relação à ciência e sua comunicação?

Com base nessa perspectiva, delineamos as seguintes questões específicas:

- Como adaptar e implementar um design formativo, com base na proposta de Primo (2023), que favoreça o desenvolvimento de TDC inspirados em uma pesquisa científica do IQCAr no contexto do PET-Química?

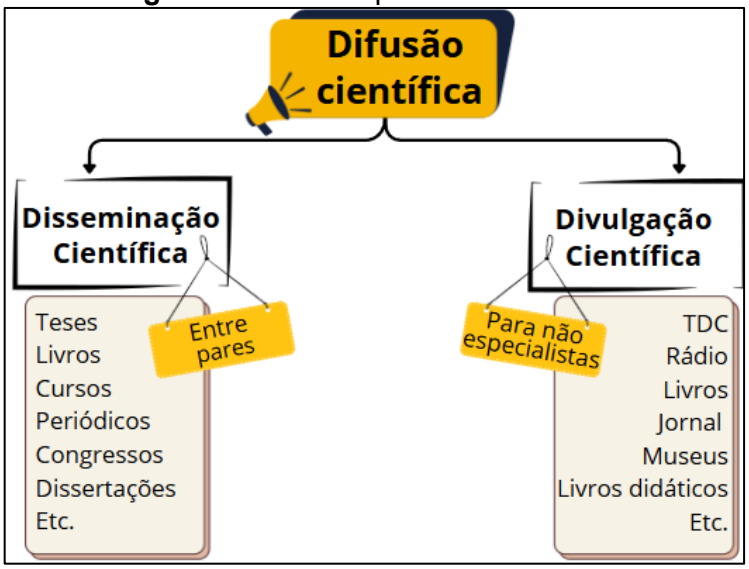
- Quais são as percepções dos alunos do grupo PET sobre o processo de implementação do *design* formativo e das atividades propostas?
- Que características evidenciam os TDC produzidos pelos alunos ao final do percurso, no que diz respeito à clareza, adequação ao público e uso de estratégias de DC?
- Em que medida o percurso formativo contribuiu para ampliar a consciência dos alunos sobre o papel social da ciência e para desenvolver uma postura mais crítica e engajada em relação à DC?

# 3 DEFINIÇÃO E APROFUNDAMENTO TEÓRICO: Bases Conceituais da DC e da elaboração de TDC

## 3.1 Divulgação Científica: importância e conceito

Antes de apresentar os resultados deste trabalho, é importante esclarecer os conceitos que embasam as práticas formativas propostas, especialmente no que se refere à Difusão da Ciência em toda sua dimensão. Para isso, retomamos as distinções fundamentais entre diferentes formas de comunicar ciência, com ênfase na DC e especificamente na produção de TDC. A Figura 1 exemplifica toda a terminologia utilizada neste aspecto, partindo do conceito geral.

**Figura** 1 **-** Termos que envolvem a DC.




**Fonte:** Elaboração própria com base em Cunha (2019).

A DC está inserida em um conceito mais amplo, chamado Difusão Científica, que descreve todo e qualquer processo ou recurso usado para comunicar informações científicas e tecnológicas, seja para o público geral ou para especialistas. Dentro desse contexto, encontram-se dois conceitos distintos: DC e disseminação científica (Cunha, 2019).

A DC é voltada ao público em geral, buscando tornar o conhecimento científico acessível e compreensível para pessoas não especializadas. Esse tipo de comunicação pode ocorrer em museus, programas de rádio e TV, livros didáticos e por meio de TDC, que explicam temas científicos de forma mais didática e acessível. Esses exemplos, no entanto, não são os únicos, já que outras formas de DC também podem incluir iniciativas em redes sociais, eventos comunitários, entre outros.

A disseminação científica, por sua vez, envolve a comunicação entre especialistas e a troca de informações dentro da comunidade científica. Esse processo ocorre principalmente em periódicos científicos, congressos de ciência, livros especializados e cursos de pós-graduação, onde o público-alvo são outros cientistas e especialistas da área (Cunha, 2019).

Esses conceitos se diferenciam de acordo com o público-alvo a que se destinam, mas ambos são fundamentais para promover o avanço do conhecimento e a compreensão pública da ciência. No entanto, é importante destacar que a DC pode ser considerada uma ação mais focada em popularizar a ciência, ou seja, tornar o conhecimento científico acessível e relevante para a sociedade em geral (Cunha, 2019).

Quando se trata de produzir DC, frequentemente, é comum pensar que possuir conhecimento sobre um conteúdo científico é o suficiente para essa realização, porém algumas ideias precisam ser desmistificadas. Uma delas é a noção de que essa comunicação deve ocorrer de maneira unilateral, de modo que a informação é simplesmente transmitida do cientista e/ou divulgador para a população. Na realidade, o público-alvo desempenha um papel ativo na formação das demandas e interesses da mídia, influenciando diretamente suas produções e escolhas editoriais (Cunha, 2019; Nunes; Queirós, 2020).

Um exemplo claro desse papel ativo do público pode ser observado em um contexto não muito distante, a pandemia de Covid-19. Durante esse período, a sociedade demonstrou um grande interesse por informações científicas relacionadas à saúde pública, como o funcionamento dos vírus, vacinas e medidas de proteção. O público não apenas consumia as informações, mas também interagia com elas, expressando dúvidas, compartilhando experiências e até gerando questionamentos sobre as medidas adotadas pelos governos. Essa interação fez com que os cientistas e divulgadores ajustassem constantemente suas mensagens para atender às novas necessidades informativas e ao crescente ceticismo que surgia em algumas parcelas da população (Carvalho *et al,* 2022).

Além disso, outro exemplo pode ser observado no movimento em torno das mudanças climáticas, no qual o público tem pressionado governos e empresas a adotar medidas mais eficazes para combater o aquecimento global. Nesse contexto, a DC e as abordagens midiáticas deixaram de ser unilaterais, em que apenas

informações sobre o tema eram disseminadas (Schaffer; Oehl; Bernauer, 2021). Hoje, existe uma troca constante entre os divulgadores científicos e a sociedade, com as demandas públicas por mais transparência e soluções urgentes influenciando diretamente as estratégias de comunicação e as ações científicas. Estudos indicam que formuladores de políticas são altamente responsivos às variações na opinião pública, especialmente quando essa opinião é amplamente refletida nas mídias. Ou seja, quando o público expressa de forma clara suas preocupações sobre as mudanças climáticas, há uma maior probabilidade de que medidas políticas correspondentes sejam adotadas. Esse fenômeno evidencia como a DC e as políticas climáticas são moldadas pela interação e engajamento do público (Schaffer; Oehl; Bernauer, 2021).

Outra ideia a ser desmistificada é a concepção de que a ciência existe em um vácuo, desvinculada do sujeito e das ideologias que a permeiam. A ciência não surge do nada, ela é produzida dentro de um contexto cultural, histórico e social. Portanto, é fundamental reconhecer que a produção científica é influenciada por fatores como valores, crenças, poderes institucionais e interesses políticos. Comunicar ciência efetivamente implica não apenas transmitir fatos e teorias, mas também contextualizá-los dentro dessas complexas dinâmicas sociais (Cunha, 2019).

Esses exemplos ilustram como o público não é um receptor passivo de informação, mas sim um ator fundamental no processo da DC, com poder para influenciar as escolhas de temas, abordagem e até mesmo a forma como a ciência é percebida e aplicada no cotidiano.

No entanto, como ressalta Cunha (2019), durante o processo de DC, o divulgador ou jornalista, que representa o cientista ou a própria ciência, também desempenha um papel essencial ao interpretar o conhecimento científico e transformá-lo em algo acessível para a mídia e para as pessoas. Essa transformação, ao tornar o conhecimento científico em informação científica, é um processo que não é isento de influências. O divulgador, ao adaptar o conteúdo para um novo público, inevitavelmente insere suas próprias visões e interpretações, o que implica que a forma como a ciência é comunicada e entendida também é moldada pelas percepções e decisões do comunicador. Assim, ao pensar na produção de DC, é importante considerar não só o papel ativo do público na definição do que será abordado, mas

também as questões de interpretação e mediação feitas pelos divulgadores, que influenciam profundamente o conteúdo que chega ao público (Cunha, 2019).

Apesar disso, deve-se atentar que, mesmo que esse conhecimento primeiro (científico) se transforme em informação da ciência, o discurso utilizado para prática de DC não é apenas uma reformulação do discurso científico e sim um novo, chamado de Discurso da Divulgação da Ciência (DDC) (Cunha, 2019).

Cunha (2019) explica que Mikhail Bakhtin, filósofo e teórico da linguagem, foi pioneiro no estudo dos gêneros discursivos, conceito que ele desenvolveu para entender como a linguagem é moldada e utilizada em diferentes contextos sociais e comunicativos. Para Bakhtin, um gênero discursivo não é apenas uma forma linguística ou uma estrutura fixa, mas sim uma categoria que reflete as necessidades sociais e as intenções dos interlocutores em determinado momento histórico e cultural. Ele acreditava que os gêneros discursivos são formas de comunicação que se adaptam a contextos específicos, como o discurso científico, jornalístico ou o texto de divulgação científica.

Esses gêneros, embora baseados em convenções e normas próprias, não são estáticos e estão sempre em transformação, sendo influenciados pelas interações sociais e pelas condições em que são produzidos. Baseando-se nessa teoria, Cunha (2019) destaca que os gêneros discursivos refletem características específicas em relação a três aspectos principais: i) conteúdo temático; ii) estilo verbal; iii) construção composicional. Isso significa que cada gênero discursivo, como o discurso científico e o DDC, possui suas próprias particularidades em termos de temas abordados, maneira de expressão e estruturação textual.

No DDC, por exemplo, o conteúdo temático pode ser adaptado para tornar conceitos complexos mais acessíveis ao público leigo, enquanto o estilo verbal pode ser mais informal e menos técnico, utilizando linguagem coloquial e exemplos do cotidiano. A construção composicional também pode ser diferente, com uma estrutura narrativa mais linear e menos densa em comparação com o discurso científico tradicional (Cunha, 2019).

A DC, como transmissão de informações científicas e tecnológicas para o público fora da universidade, é uma forma de interação entre a universidade e a sociedade em que está inserida. Por isso, várias iniciativas têm sido realizadas como parte das atividades de extensão universitária.

Um exemplo dessas iniciativas são as ações de um programa de extensão de um curso de licenciatura em química chamado “cientificidade - popularizando a ciência e a universidade”. Esse grupo tinha como objetivo divulgar a ciência por meio de postagens em redes sociais, visitas em escolas e promoção de visitas da população em universidades (Santarelli *et al.*, 2020).

Como pode ser observado, essa comunicação da ciência para a sociedade pode ser feita de diversas formas e diferentes contextos. No contexto do ensino de ciências, o uso de TDC para realizar a divulgação é muito comum. Além disso, são comumente sugeridos como material complementar aos livros didáticos (materiais tradicionais) (Silva; Almeida, 2005; Queiroz; Ferreira; Imasato, 2012).

Até o momento, citamos o uso de textos, capazes de divulgar a ciência de maneira eficaz, mas estes ainda não foram explicados devidamente. Estes textos, chamados de TDC, são uma das ferramentas que podem ser utilizadas na DC. Visto que uma maneira muito eficaz de divulgar a ciência se dá por meio da produção dos TDC, vamos nos aprofundar sobre esse material na próxima seção.

### 3.2 Texto de Divulgação Científica: importância e conceito

De acordo com as recomendações curriculares, relatos na literatura sugerem que o uso de TDC em contextos de educação formal pode facilitar a introdução de novos significados para o processo de ensino e aprendizagem de ciências. Isso ocorre porque, quando combinadas com metodologias que promovem o desenvolvimento cultural dos estudantes, estes textos podem proporcionar uma educação para a cidadania e estimular reflexões sobre os valores associados à ciência (Zamboni, 2001).

Os TDC também possuem um gênero de discurso próprio por se tratarem de um formato de DC. Nesses materiais, os traços de cientificidade não se limitam apenas aos aspectos explícitos da prática científica, mas também revelam aspectos implícitos, como características pessoais de cientistas ou consequências negativas de produtos de ciência. Além disso, os TDC incluem traços de laicidade, envolvendo a contextualização do discurso, e traços de didaticidade, que englobam explicações e orientações metodológicas. Essa combinação de características contribui para tornar o material uma ferramenta versátil e eficaz na DC, permitindo abordagens mais acessíveis e contextualizadas para o público (Zamboni, 2001).

Apesar disso, não seria coerente nem seguro simplesmente gerar um material didático e aplicá-lo em sala de aula ou outro ambiente sem antes passar por um processo de validação. Isso se deve ao fato de que o material educacional carrega uma grande responsabilidade, não apenas por ser uma ferramenta de aprendizado, mas também por influenciar diretamente o desenvolvimento do conhecimento dos alunos e a formação de suas habilidades (Ferreira; Queiroz, 2011).

O uso inadequado de materiais didáticos pode comprometer o ensino, distorcendo conceitos e dificultando a construção de uma compreensão sólida sobre o conteúdo. Portanto, é essencial que tais materiais sejam avaliados, testados e validados de maneira sistemática, garantindo sua efetividade pedagógica e a relevância no contexto educacional (Ferreira; Queiroz, 2011).

Pensando nisso, antes de serem utilizados, os TDC são normalmente avaliados por meio da literatura especializada para garantir sua qualidade e relevância. Além disso, é importante investigar como eles podem contribuir para o ensino de química. Um instrumento valioso para essa análise foi desenvolvido por Ribeiro e Kawamura (2005), que busca identificar os elementos típicos de um TDC, permitindo observar seu potencial educacional.

É importante mencionar que o instrumento elaborado por Ribeiro e Kawamura (2005) teve como objetivo analisar TDC da área da física. Ele se desenvolveu em duas dimensões: conteúdo e forma. Na dimensão de conteúdo, são observados a temática, os elementos internos da ciência, a contextualização dos fatos noticiados e como a ciência é tratada como instituição social. Na dimensão de forma, são analisados a estrutura, o uso de recursos visuais e textuais, a linguagem, os gêneros discursivos e o uso de analogias e metáforas.

Posteriormente, Ferreira e Queiroz (2011) propuseram uma adaptação desse instrumento para a análise de TDC na área da química, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2 -** Esquema do instrumento adaptado para análise de TDC.




**Fonte:** Ferreira e Queiroz (2011, p. 355).

A Figura 2 mostra como a ferramenta de análise pode ser utilizada para avaliar um TDC, especialmente no contexto do ensino em química. Essa ferramenta está organizada em três grandes eixos de análise: Análise Geral e Análise Específica e da forma. Cada eixo contempla diferentes dimensões que, ao serem consideradas em conjunto, permitem uma avaliação profunda e crítica dos elementos presentes em um TDC.

A análise geral contempla elementos que perpassam o ensino de Química como disciplina escolar, mas que também se estendem para além dela, dialogando com outras áreas do conhecimento e com dimensões sociais, culturais e formativas da ciência. Dentro desse bloco, destacam-se três subcategorias:

- *Estruturação do Ensino de Química:* Analisa se o texto contribui para uma abordagem mais ampla do ensino de Química, indo além da simples transmissão de conteúdos conceituais. Essa subcategoria avalia o potencial formativo do TDC, considerando se ele estimula a curiosidade, o pensamento crítico e o interesse pelo conhecimento científico por meio de uma linguagem acessível, conexões com o cotidiano e valorização da construção do saber científico.
- *Fronteiras do Campo Científico:* Aqui, o foco está nos conteúdos que, embora estejam relacionados à Química, geralmente não fazem parte do ensino tradicional da disciplina — como temas da Física, da Biologia ou de áreas aplicadas. Essa subcategoria busca identificar se o TDC transita por

essas fronteiras do campo científico, ampliando o repertório de saberes do leitor.

- *Temas transversais:* Referem-se a saberes que dialogam com a química de maneira integrada do conhecimento, com a ética, cidadania e meio ambiente, definidos nos PCN como conteúdos que não pertencem a disciplinas específicas.

A análise específica se refere aos conteúdos de maneira que investiga mais profundamente como os elementos científicos são apresentados no TDC. Esse bloco se subdivide em três subcategorias:

- *Temática:* Observa quais foram os enfoques dados ao tema abordado no texto, analisando os conhecimentos prévios e específicos exigidos para sua compreensão. Busca-se entender como o conteúdo químico foi selecionado, recortado e contextualizado.
- *Características da Atividade Científica:* Avalia como o texto apresenta elementos centrais da prática científica, como a coleta e interpretação de dados, a experimentação, a construção e discussão de resultados, além da menção ao funcionamento institucional da ciência — incluindo a existência de controvérsias, pluralidade de ideias e a importância do debate público.
- *Abordagens e Contexto:* Investiga se o texto explicita relações entre ciência, tecnologia e sociedade, como os impactos sociais, econômicos e políticos dos avanços científicos. Essa subcategoria também examina o nível de contextualização do conteúdo, refletindo sobre como os processos e produtos da ciência estão inseridos em realidades concretas e historicamente situadas.

O bloco “forma” se dedica a examinar os aspectos relacionados à construção textual e aos recursos expressivos utilizados no TDC. Ele se subdivide em três subcategorias:

- *Estrutura*: Refere-se à organização do texto como um todo. Avalia a distribuição e o encadeamento das informações, a coerência interna entre as partes, a presença de introdução, desenvolvimento e conclusão, e se há uma progressão lógica na apresentação das ideias.
- *Linguagem:* Analisa a clareza da escrita, o uso de termos técnicos, a adequação da linguagem ao público-alvo e a presença de estratégias

comunicativas como metáforas, analogias e gêneros discursivos. Esta subcategoria é fundamental para avaliar se o TDC consegue romper com a linguagem científica hermética e se comunica efetivamente com leitores não especializados.

- *Recursos Visuais e Textuais:* Observa a utilização de elementos não verbais que auxiliam na compreensão do conteúdo, como imagens, esquemas, quadros explicativos, notas de rodapé, títulos e subtítulos, legendas, infográficos, entre outros. Esses recursos têm papel essencial na acessibilidade e no apelo visual do TDC.

A partir da aplicação da ferramenta de análise adaptada por Ferreira e Queiroz (2011), torna-se possível avaliar os TDC de maneira criteriosa. Tal análise permite compreender o grau de aprofundamento conceitual, o posicionamento do texto frente às dimensões sociais da ciência e a eficácia comunicativa do material produzido. Essa ferramenta já foi utilizada em outras pesquisas que avaliaram TDC, como no mestrado de Primo (2022) e Cantanhede (2012). Tais trabalhos evidenciam o potencial da ferramenta para identificar não apenas aspectos estruturais e linguísticos, mas também as intenções comunicativas e as relações estabelecidas entre ciência e sociedade.

Essa análise permite compreender o grau de aprofundamento conceitual, o posicionamento do texto frente às dimensões sociais da ciência e a eficácia comunicativa do material produzido. Tendo em vista essa base analítica, passa-se agora à apresentação do contexto em que a pesquisa foi desenvolvida, destacando a composição e atuação da equipe multidisciplinar envolvida na pesquisa.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO *DESIGN*

Nos capítulos anteriores, apresentamos e discutimos, com base na literatura especializada, os princípios teóricos fundamentais da DC como uma prática formativa no contexto da extensão universitária. A presente pesquisa parte da premissa de que a DC, além de contribuir para a democratização do conhecimento científico, pode também ser uma via potente de formação cidadã, crítica e reflexiva de estudantes da graduação. Nesse sentido, o trabalho se ancora em uma concepção de extensão universitária, entendida como um potencial espaço de interação transformadora entre universidade e sociedade.

A escolha da temática química a ser divulgada foi feita em parceria com um grupo de pesquisa *Electron* do IQ/CAr, que atua com processos de oxidação de efluentes orgânicos e produção de combustíveis alternativos, área que envolve desafios contemporâneos ligados à sustentabilidade e ao uso de tecnologias limpas. Ainda que o foco da presente pesquisa não seja a investigação científica sobre esses processos, é justamente a apropriação crítica desse conteúdo por parte dos estudantes extensionistas que constitui o foco desta análise, que é como compreender e traduzir, com rigor e responsabilidade, um conteúdo técnico em linguagem acessível e contextualizada.

A prática da DC, nesse contexto, não é reduzida à simplificação do conteúdo científico, mas é compreendida como uma atividade discursiva situada, que requer domínio conceitual, sensibilidade comunicativa e consciência ética e sociopolítica. Tal como apontado por autores como Massarani e Moreira (2020), a formação de bons comunicadores científicos exige mais do que conhecimento técnico: exige compreensão do papel social da ciência, da linguagem como mediação e do público como interlocutor legítimo.

Dessa forma, a elaboração de TDC na presente pesquisa foi concebida como um processo formativo, que envolve etapas de estudo, discussão, escrita, revisão e reescrita, promovendo a ampliação de repertórios discursivos e a reflexão crítica sobre o próprio papel do estudante como agente da comunicação pública da ciência.

Nesse sentido, os TDC elaborados não são apenas produtos finais, mas registros de trajetórias formativas. Cada texto reflete os desafios enfrentados pelos estudantes ao lidar com conteúdos complexos, com as exigências do gênero e com a responsabilidade de representar uma área científica de maneira ética e precisa.

A escrita dos TDC foi acompanhada por oficinas, seminários, discussões teóricas e momentos de avaliação crítica, que permitiram aos participantes desenvolver habilidades argumentativas, comunicativas e identitárias, no que diz respeito à construção de uma postura enquanto comunicadores científicos. A análise concentrou-se, portanto, nas falas dos estudantes durante o processo formativo e nos textos produzidos por eles, buscando compreender como esses sujeitos constroem sentido em torno da DC, como reconhecem a importância da adaptação da linguagem e como se posicionam diante da função social da ciência.

Assim, a construção e implementação do *design* formativo descrito neste capítulo procuraram articular os objetivos da pesquisa com a trajetória e as demandas do grupo PET envolvido, a partir de uma adaptação da proposta de Primo (2023). As etapas, atividades e estratégias foram planejadas de modo a fomentar o engajamento dos alunos com a DC. A seguir, são apresentados o contexto da pesquisa e a caracterização da equipe multidisciplinar.

## 4.1 Caracterização do contexto da pesquisa

A pesquisa em questão apresenta um grau significativo de complexidade, tanto pela natureza do seu objetivo, capacitar universitários a desenvolver DC, quanto pela estruturação metodológica necessária para alcançar tal objetivo. Ensinar graduandos em química a realizar DC exige mais do que a simples transmissão de conteúdos: demanda experiências formativas que articulem teoria e prática, favorecendo o engajamento com o processo científico, a apropriação da linguagem acessível e a compreensão do papel social da ciência.

Nesse sentido, foi indispensável a constituição de parcerias estratégicas para que o projeto ganhasse corpo e pudesse oferecer aos estudantes uma vivência robusta e articulada entre diferentes saberes. Essas parcerias ocorreram com o grupo PET-Química do IQ/CAr, composto por alunos de graduação que, ao longo da pesquisa, passaram por encontros formativos variados, cujos registros foram feitos por meio de gravações e transcritos para análise do desenvolvimento de suas habilidades de DC.

Além disso, a colaboração com o grupo *Electron*, coordenado pela Profa. Dra. Juliana Brito, foi essencial para garantir o embasamento técnico-científico necessário para a compreensão do conteúdo químico envolvido. O grupo contribuiu com materiais didáticos, aulas expositivas e palestras sobre a pesquisa que fundamenta os TDC elaborados pelos estudantes, com foco na oxidação de efluentes orgânicos e geração de combustíveis. Essa colaboração possibilitou que os estudantes não apenas entendessem a pesquisa científica em questão, mas também refletissem sobre a melhor forma de traduzi-la para o público alvo escolhido.

Porém, antes de começarmos a nos aprofundar na caracterização da equipe multidisciplinar da pesquisa, devemos lembrar que este trabalho possui um caráter investigativo, proveniente de trabalhos caracterizados como *design*. Sendo assim,

vamos estabelecer alguns princípios de *design* que procuraram ser cumpridos ao longo da pesquisa.

### 4.2 Princípios do *design*

Dado o caráter intervencionista e investigativo da metodologia adotada como base para esta pesquisa, a DBR, torna-se necessário estabelecer princípios de *design* que orientem tanto a concepção quanto a implementação e avaliação do processo educativo desenvolvido. Como apontam Kneubil e Pietrocola (2017), a DBR organiza de forma coerente o movimento de levar uma inovação pedagógica ou curricular para um contexto educacional real, e sua força está justamente na articulação entre teoria e prática.

A DBR pressupõe que o conhecimento gerado em contextos reais de ensino possa alimentar tanto a melhoria da prática quanto a construção de conhecimento teórico sobre educação. Isso implica em acompanhar o processo de intervenção como um todo, não apenas seu produto final, extraindo dele subsídios que possam informar novas práticas, fundamentar escolhas pedagógicas e contribuir para a consolidação de uma teoria da intervenção.

Nesse contexto, os chamados princípios de *design* correspondem a diretrizes teóricas que emergem da análise do problema enfrentado, do contexto específico de implementação e do referencial teórico mobilizado. Esses princípios não são verdades absolutas ou descontextualizadas, mas sim ferramentas conceituais ajustadas à realidade em que operam (Anderson; Shattuck, 2012). Eles se articulam com aspectos da aprendizagem, epistemologia, comunicação, cultura e ética, e oferecem um eixo estruturante para a criação, aplicação e avaliação da intervenção.

A seguir, são apresentados os princípios de *design* que fundamentaram esta pesquisa, elaborados com base no problema investigado, no referencial teórico sobre DC e a formação crítica em extensão universitária:

- ➢ *Princípio da Formação por meio da Divulgação Científica*: A produção de DC em forma de TDC deve ser compreendida como uma prática formativa que exige leitura crítica, apropriação conceitual, seleção de linguagem adequada e posicionamento frente ao público, de modo que promover a divulgação da ciência também signifique formar-se como comunicador científico.
- ➢ *Princípio da Interdisciplinaridade:* A proposta educativa deve articular conhecimentos da Química, da DC e da Educação, promovendo o diálogo entre

saberes distintos e construindo pontes entre áreas tradicionais e contemporâneas.

- ➢ *Princípio da Divulgação Científica como Gênero Discursivo:* DC deve ser tratada como um gênero com estilo, tema e composição próprios, não sendo uma simples tradução ou simplificação do discurso científico original, mas uma forma legítima de produção de conhecimento.

Dessa forma, as próximas seções são dedicadas à caracterização do contexto em que o *design* se desenvolveu. Para isso, apresentamos um panorama das equipes envolvidas, abordando suas atuações e contribuições específicas para a realização da proposta.

### 4.3 Contexto da pesquisa: caracterização da equipe multidisciplinar

Levando em conta a ampla presença em todo o país, os programas do PET oferecem uma oportunidade única de promover a extensão universitária, focando na relação entre a universidade e a sociedade. Por isso, com base nos objetivos enquanto política pública e na participação prévia deste grupo, este trabalho se propôs a desenvolver uma parceria com o grupo PET, com foco na produção de TDC.

A pesquisa envolve a colaboração entre três grupos importantes do IQ-CAr: a Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ), o grupo de ensino, pesquisa e extensão PET-IQ/CAr e o grupo de pesquisa de eletroanalítica *Electron*. A equipe de trabalho consiste em uma mestranda responsável pela pesquisa, o professor orientador da RIPEQ, a professora tutora do grupo PET, uma aluna de IC da RIPEQ e do grupo PET, um aluno de mestrado da RIPEQ (que participou da pesquisa inspiradora deste trabalho), a professora responsável pelo grupo *Electron* (grupo de eletroanalítica) e dois pós-graduandos também pertencentes a este último.

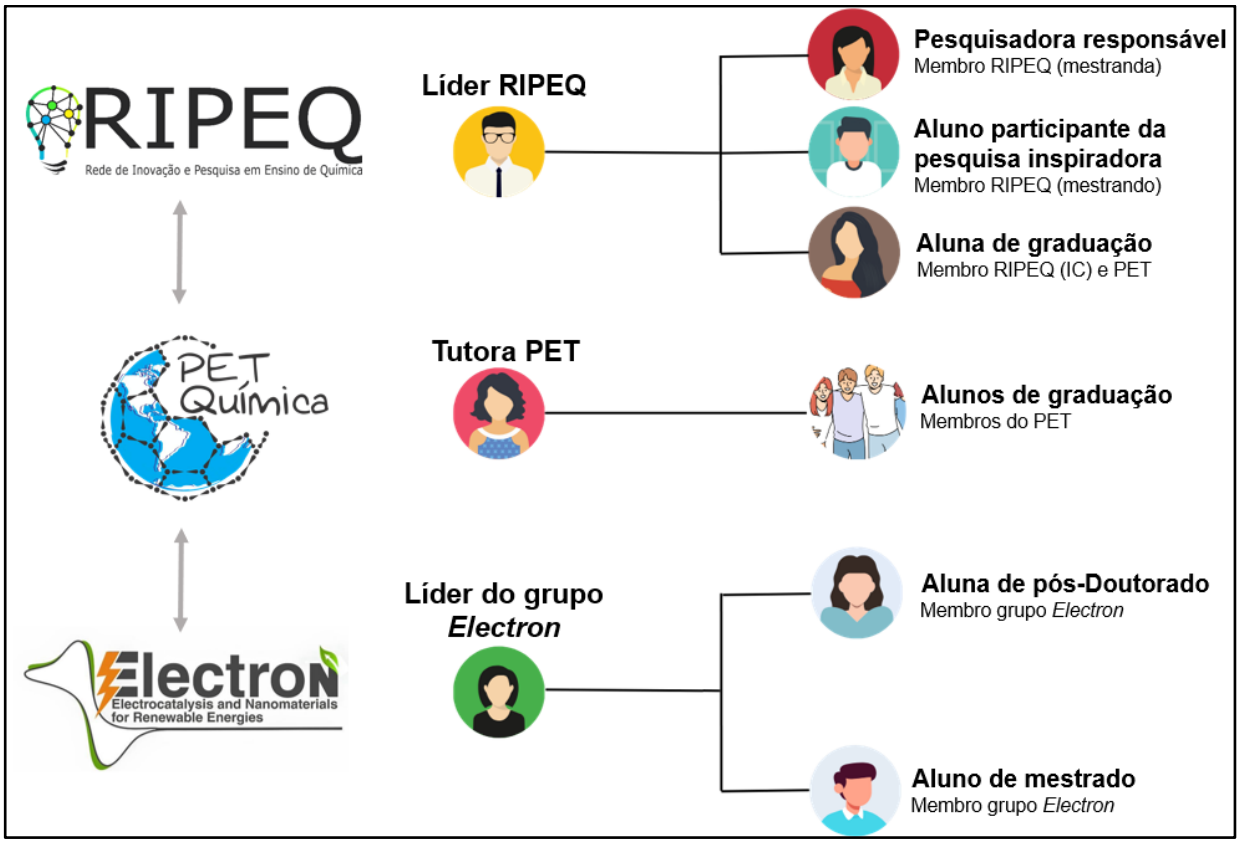
O foco principal desta pesquisa é estabelecer uma conexão prática e dinâmica entre a universidade e a sociedade, utilizando o desenvolvimento de TDC para ampliar a divulgação científica. O conhecimento científico necessário para a produção desses materiais é oriundo de pesquisas realizadas pela Profa. Dra. Juliana Ferreira de Brito sobre a oxidação de efluentes orgânicos e a geração de combustíveis, com foco em metodologias sustentáveis.

O trabalho do grupo PET se concentra exclusivamente na produção de TDC, promovendo a DC entre a universidade e o público externo. O grupo desempenha um

papel fundamental na elaboração desses materiais e na promoção de uma cultura de inovação na extensão universitária.

A Figura 3 apresenta um esquema que representa a parceria entre os grupos envolvidos e os membros da equipe.

**Figura 3 -** Equipe de trabalho multidisciplinar envolvida no gerenciamento do design.




**Fonte:** elaboração própria.

É importante ressaltar que a construção e implementação deste *design* contou com a participação colaborativa de todos os membros envolvidos, o que possibilitou o equilíbrio na inter-relação entre diferentes saberes – científicos, pedagógicos, institucionais e extensionistas. Essa articulação colaborativa foi essencial para que a pesquisa se mantivesse conectada tanto às demandas sociais quanto aos objetivos formativos da proposta.

A contribuição do mestrando vinculado ao grupo RIPEQ, que participou do primeiro ciclo da pesquisa inspiradora, foi fundamental para trazer reflexões críticas, vivências prévias e aprendizados acumulados que fortaleceram o processo atual. Da mesma forma, a atuação da aluna de IC, que integrava simultaneamente o grupo PET e o RIPEQ, permitiu o trânsito de ideias, percepções e demandas entre os diferentes coletivos, ampliando o diálogo e promovendo a escuta ativa entre parceiros.

Destaca-se, ainda, o envolvimento da professora líder do grupo *Electron*, cuja atuação tem se intensificado na área de DC. Seu engajamento na promoção social e ambiental do conhecimento, reconhecido por revistas científicas e pela visibilidade de suas pesquisas, contribuiu com uma perspectiva ética e comprometida com a responsabilidade pública da ciência, enriquecendo a pesquisa como um todo.

### 4.3.1 O PET-QUÍMICA

As discussões prévias ressaltam certos obstáculos na realização da extensão dos conhecimentos da universidade para a sociedade. Um desses desafios é a prevalência de projetos de extensão que, apesar de sua intenção, acabam não cumprindo efetivamente o papel de promover a interação entre a universidade e a comunidade de forma significativa. Muitas vezes, esses projetos se limitam a atividades pontuais, sem uma continuidade ou uma metodologia que realmente contribua para a transformação do conhecimento, como é o caso de eventos isolados ou materiais que não são adequados ao público-alvo (Sotério, 2024).

Outro desafio crucial é a falta de formação adequada e de incentivos para o aprendizado sobre DC. A escassez de programas de formação voltados especificamente para a DC em contextos de extensão é um dos principais fatores que contribuem para a falta de efetividade dessas ações. Sem a formação adequada, muitos projetos acabam sendo conduzidos sem uma estratégia clara de comunicação,

o que enfraquece o papel da universidade na promoção do conhecimento e na conscientização pública (Sotério, 2024).

Além disso, discussões prévias ressaltam certos obstáculos na realização da extensão dos conhecimentos da universidade para a sociedade. Um desses desafios é a prevalência de abordagens que ainda não levam em consideração as diferenças culturais, socioeconômicas e linguísticas entre os diversos públicos. Apesar de os programas de formação em DC estarem em expansão, ainda persiste uma lacuna significativa entre o treinamento oferecido e as necessidades reais desses profissionais, especialmente no que diz respeito a habilidades práticas de comunicação adaptadas aos diferentes públicos (Sotério, 2024).

Uma solução para enfrentar os desafios relacionados à disseminação do conhecimento científico é a redução da desigualdade regional e social. Sendo assim, ao envolver estudantes de diferentes níveis educacionais em projetos de DC é possível ampliar o alcance dessas iniciativas. Além disso, também pode garantir que o conhecimento científico seja acessível a uma gama mais ampla de pessoas, independentemente de sua localização geográfica ou de sua posição social.

A redução da desigualdade se torna possível através de iniciativas que envolvem redes de colaboração, com a participação tanto de alunos de graduação quanto de pós-graduação. Essa abordagem colaborativa e inclusiva pode contribuir significativamente para atenuar as desigualdades no acesso ao conhecimento científico (Massarani; Moreira, 2020).

Pensando em iniciativas que envolvam alunos da graduação preocupados com C&T, encontra-se o PET. Este programa destina-se a estudantes que estão inscritos regularmente em cursos de graduação sob a supervisão de um tutor, visando promover atividades guiadas pelo princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão (Brasil, 2006).

Atualmente, o programa possui 842 grupos distribuídos entre 121 Instituições de Ensino Superior pelo país e é gerenciado pela Secretaria de Educação Superior (SESu). Destes grupos, 32 estão localizados no estado de São Paulo em diversas unidades da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Dentre esses programas, o PET do IQ/CAr é coordenado pela Profa. Dra. Fernanda Zanolli Freitas do departamento de Bioquímica e Química Orgânica e o grupo conta com a participação de 18 alunos (12 bolsistas e 6 não bolsistas).

O programa insere graduandos em projetos com a intenção de ampliar seus conhecimentos e sua formação. O PET é mantido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), do Ministério da Educação, que tem como foco formar qualitativamente os estudantes e melhorar a qualidade dos cursos de graduação. Diante disto, o programa oferece oportunidades de os alunos desenvolverem ações que ofereçam experiências que se estendem para além do currículo convencional dos cursos, em diferentes contextos (Mec, 2006).

A grande maioria dos grupos PET existentes desenvolve atividades que englobam os três pilares, isso pode ser confirmado por Espindola *et al.* (2023), por meio de um estudo da sua atuação nos Institutos Federais. O estudo informa que, em relação às atividades desenvolvidas pelos grupos, 85,7% desenvolvem atividades nos três eixos da tríade universitária.

Silva *et al.* (2023) apontam os principais projetos e atividades desenvolvidos no âmbito do PET Conexões de Saberes Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). No âmbito do ensino, são promovidas atividades como debates, seminários, minicursos e oficinas. Dentro da pesquisa, são desenvolvidos trabalhos coletivos de pesquisa, gerenciados a partir da definição de um tema e envolvendo todos os integrantes do grupo. Por fim, no âmbito da extensão, são realizadas divulgações de vídeos informativos via redes sociais como YouTube, Instagram e Facebook a respeito das formas de ingresso, permanência, cursos ofertados e estrutura da UFMS (Silva *et al.*, 2023).

### 4.3.2 O grupo pertencendo ao GEAr: Grupo *Electron*

É fundamental que, antes de qualquer tentativa de DC, exista um embasamento teórico robusto e aprofundado sobre a pesquisa que será compartilhada. Sem um conhecimento claro e consistente sobre os fundamentos científicos da área, torna-se impossível distinguir o que é relevante e válido para ser transmitido ao público e o que deve ser deixado de fora (Chagas; Massarani, 2020).

A divulgação de um conteúdo científico deve ser pautada pela veracidade e clareza dos fatos. Apesar disso, ainda persiste a problemática de que a ciência, na maioria das vezes, é retratada como um esforço isolado de um "cientista ideal", tipicamente um homem branco, trabalhando sozinho em um laboratório. Essa imagem reforça estereótipos limitantes, que não condizem com a realidade da ciência

moderna, que é multifacetada, colaborativa e diversa. Nesse contexto, torna-se imprescindível destacar a importância das parcerias e da colaboração entre pesquisadores, para que a ciência seja mais inclusiva e acessível a todos (Pérez *et al*., 2001)

É exatamente esse tipo de parceria que é celebrado pelo grupo *Electron*, liderado pela Profa. Dra. Juliana Ferreira de Brito. O grupo, que se destaca no campo da pesquisa em soluções sustentáveis, utiliza eletrocatálise e nanomateriais para enfrentar desafios globais como a redução de $CO_2$, a produção de hidrogênio e o tratamento de efluentes. A parceria e o trabalho em equipe são valores centrais da abordagem do grupo, que vai contra a visão antiquada do cientista solitário. Ao promover um ambiente colaborativo, o grupo *Electron* contribuiu para a desconstrução de ideias limitantes sobre a ciência e reforça a importância de abordagens coletivas e inclusivas. Esse trabalho em grupo não só é um reflexo da realidade científica atual, mas também um exemplo de como a colaboração pode enriquecer a pesquisa e torná-la mais acessível para a sociedade.

Além disso, essa abordagem colaborativa tem um impacto direto na DC realizada pelo grupo. Ao integrar diferentes conhecimentos e perspectivas, o grupo *Electron* consegue auxiliar no desenvolvimento de projetos de extensão mais eficazes e que, por meio de TDC, tornam as descobertas científicas acessíveis e compreensíveis para públicos diversos. O trabalho em equipe também se reflete na forma como o grupo prepara os alunos para a DC, permitindo que eles compreendam a importância de apresentar as inovações tecnológicas de maneira clara, relevante e alinhada com as necessidades da sociedade.

É importante ressaltar que a profa. Dra. Juliana Ferreira de Brito, mesmo antes da nossa parceria, já demonstrava uma forte preocupação com a DC, buscando levar suas pesquisas para o público em geral de maneira acessível e relevante. Diversas matérias foram publicadas em veículos de grande circulação, destacando o impacto e a importância de suas descobertas. A *Revista Ecológico* publicou uma matéria detalhando o desenvolvimento de um método mais barato e ambientalmente amigável para a produção de amônia, destacando como essa pesquisa pode representar um avanço significativo em termos de sustentabilidade. Além disso, a matéria também abordou a importância do baixo custo e do impacto ambiental reduzido do método,

mostrando como a ciência pode contribuir diretamente para práticas mais sustentáveis e impactar de forma positiva a indústria e o meio ambiente (Revista Ecológico, 2022).

O reconhecimento internacional do trabalho da professora orientadora também foi noticiado pelo *Jornal Imparcial*, que destacou a premiação recebida por jovens pesquisadores do Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais (CDMF), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs) financiados pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Esse reconhecimento global reforçou a qualidade e o impacto das pesquisas, trazendo ainda mais visibilidade ao grupo no cenário acadêmico internacional (Jornal Imparcial, 2022).

Outro exemplo da divulgação efetiva da pesquisa foi a cobertura realizada pela *Rádio EBC - Brasil Rural*, que trouxe à tona os resultados do método para a produção de amônia desenvolvido pelo grupo da professora orientadora. A matéria foi uma importante forma de disseminação científica, alcançando um público amplo, incluindo aqueles que não estão diretamente ligados à academia, mas que se interessam por soluções sustentáveis para a agricultura e indústria (Rádio EBC, 2022).

Por fim, uma pesquisa que abordou o desenvolvimento de um método sustentável para a produção de etanol a partir da água de petróleo foi publicada, com destaque, na matéria publicada pela *Sputnik Brasil* (2020).

Essa pesquisa, por sua relevância científica e ambiental, foi escolhida como eixo central para o desenvolvimento dos TDC ao longo desta pesquisa de extensão. A retomada desse conteúdo, permitiu conectar a prática de DC com a própria produção do grupo de pesquisa, oferecendo aos graduandos a oportunidade de elaborar materiais acessíveis a partir de um tema tecnicamente complexo. A seguir, foram descritas as etapas metodológicas que estruturaram esse processo formativo, da apropriação do conteúdo à produção dos TDC.

Por todo esse contexto de colaboração, impacto social e divulgação de ciência que envolve o grupo Electron, torna-se fundamental que os petianos compreendam a fundo a pesquisa científica que será base para a produção dos textos de divulgação científica. Afinal, é a partir do entendimento sólido e crítico do tema que se pode construir uma comunicação clara, precisa e relevante para públicos diversos. Por isso, na próxima seção, será apresentado o conteúdo químico estruturante da pesquisa escolhida, que serviu de base para o desenvolvimento dos TDC pelos petianos.

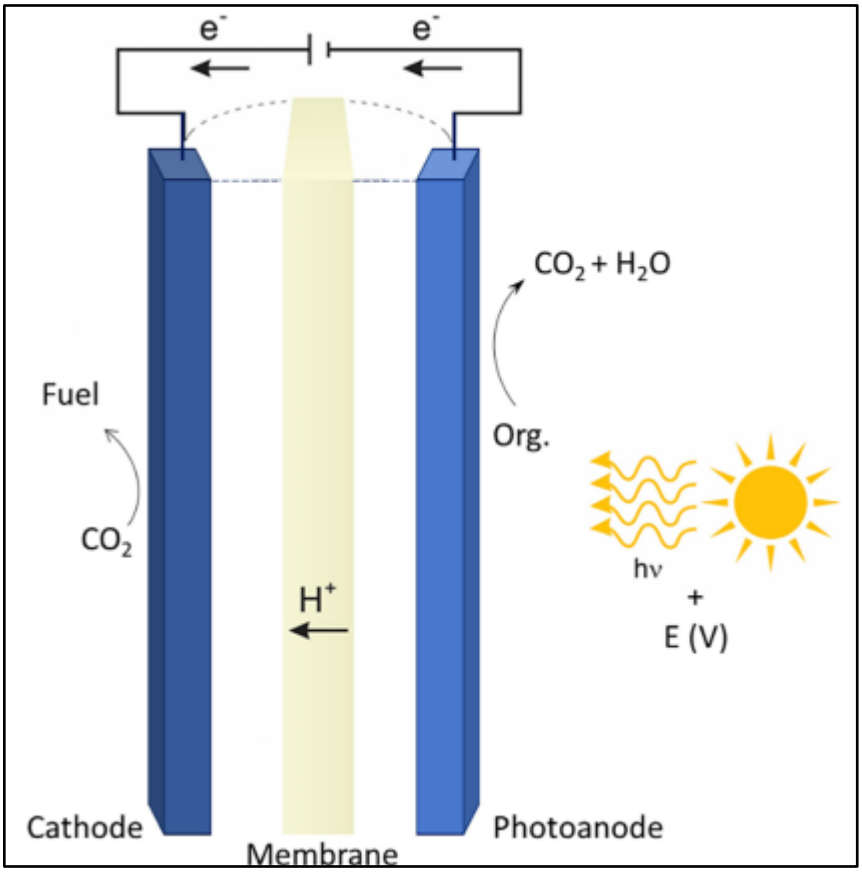
### 4.3.3 Conteúdo químico estruturante para o TDC: oxidação de efluentes e geração de combustíveis

Como vimos, para que os petianos possam produzir TDC de qualidade, é essencial que tenham acesso a um conteúdo científico sólido e bem fundamentado. Neste sentido, a pesquisa escolhida como base para o desenvolvimento dos TDC aborda um tema inovador e relevante, que une avanços tecnológicos com desafios ambientais atuais.

A seguir, será apresentado o conteúdo químico estruturante dessa pesquisa, que trata do desenvolvimento e teste de um reator híbrido inovador capaz de realizar simultaneamente a oxidação de contaminantes em águas residuais e a conversão do dióxido de carbono ($CO_2$) em combustíveis líquidos. Essa contextualização técnica é fundamental para que os petianos possam compreender os processos envolvidos e, assim, construir textos claros, informativos e engajantes para o público geral.

O objetivo desse estudo foi desenvolver e testar um reator híbrido inovador, capaz de realizar ao mesmo tempo duas reações importantes: a oxidação de compostos orgânicos presentes em água contaminada, como o álcool benzílico, e a redução do dióxido de carbono ($CO_2$) em combustíveis líquidos, especificamente metanol e etanol. Essas reações ocorrem por meio da fotoeletrocatálise, uma técnica que combina a energia da luz com reações eletroquímicas para promover transformações químicas. O sistema utilizado é dividido em dois compartimentos separados por uma membrana especial que permite a passagem apenas de prótons (íons $H^+$). O esquema da reação pode ser observado na Figura 4.

**Figura 4 -** Esquema utilizado para a realização da fotoeletrocatálise.

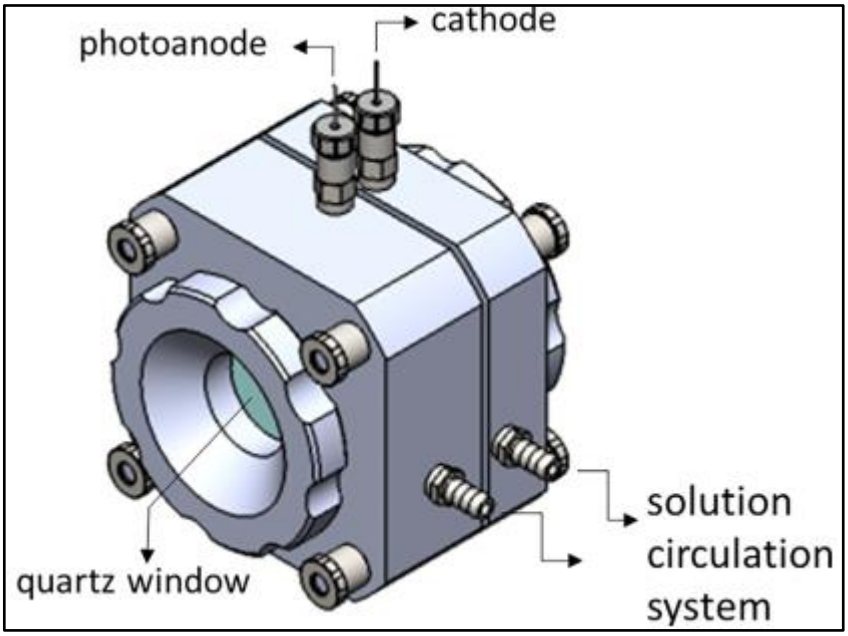



**Fonte:** Brito *et al.* (2019 p. 282).

Para isso, foram utilizados materiais semicondutores especializados, no ânodo (o eletrodo positivo), uma estrutura de nanotubos de dióxido de titânio ($TiO_2$) modificada com óxido de zircônio ($ZrO_2$) para melhorar sua eficiência fotocatalítica; no cátodo (eletrodo negativo), foi depositada uma camada com óxido de cobre ($Cu_2O$), que é eficiente para promover a redução do $CO_2$ em combustíveis. Durante a operação, a oxidação do álcool benzílico gerou prótons e elétrons; os prótons atravessam a membrana para o compartimento catódico, enquanto os elétrons circulam externamente, viabilizando a redução do $CO_2$ em metanol e etanol.

O reator híbrido (Figura 5) funciona com dois compartimentos um compartimento dedicado à oxidação do álcool benzílico em solução aquosa neutra, enquanto no outro compartimento, o $CO_2$ dissolvido é reduzido em meio básico, sob iluminação com uma lâmpada de mercúrio e aplicação de um potencial elétrico. Os resultados mostraram que o fotoanodo modificado com $ZrO_2$ apresentou uma maior geração de corrente elétrica, indicando melhor desempenho e menor perda de carga elétrica devido à recombinação, quando comparado ao $TiO_2$ puro.

**Figura 5 -** Esquema representativo do reator com seus dois compartimentos.




**Fonte:** Brito *et al.* (2019 p. 279).

Foi comprovado que tanto a iluminação quanto a aplicação do potencial elétrico são essenciais para que as reações aconteçam de forma eficiente, e que a concentração inicial do álcool influencia diretamente a produção dos combustíveis. Este trabalho é pioneiro ao apresentar um sistema híbrido com compartimentos separados que realiza essas duas reações simultaneamente com sucesso.

A conversão do $CO_2$ em etanol, que requer transferência de 12 elétrons, é mais complexa que a produção de metanol (6 elétrons), o que explica a menor quantidade de etanol formado. Isso porque a redução do $CO_2$ a metanol envolve a reação: $CO_2 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow CH_3OH + H_2O$. enquanto a produção de etanol exige uma reação mais complexa, com o acoplamento de dois intermediários de $CO_2$, que requer 12 elétrons: $2CO_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow C_2H_5OH + 2H_2O$.

Em resumo, o reator híbrido desenvolvido mostrou-se promissor para aplicações ambientais, especialmente no tratamento de águas residuais da indústria petrolífera, pois promove a degradação de contaminantes persistentes enquanto converte $CO_2$ em combustíveis líquidos reaproveitáveis. A modificação do fotoanodo com $ZrO_2$ aumentou significativamente a eficiência do sistema, e a combinação de fotoeletrocatálise superou os métodos que usam apenas fotocatálise ou eletrocatálise isoladamente.

### 4.4 Estruturação das atividades do projeto

Diante da relevância científica e ambiental dessa pesquisa, tornou-se possível utilizá-la como um eixo central para o desenvolvimento das atividades formativas com os petianos. A compreensão profunda dos fundamentos da oxidação de efluentes e da geração de combustíveis permitiu a elaboração de um planejamento pedagógico consistente, que integrou tanto o conteúdo técnico quanto os princípios da DC.

Se faz necessário informar, que, os alunos participantes do grupo PET foram organizados, desde a primeira atividade do projeto, em quatro grandes grupos de trabalho, que se mantiveram até o final da proposta. Cada um desses grupos, compostos por 5 a 6 integrantes, foi responsável por elaborar um TDC, totalizando quatro textos ao término do projeto.

A divisão foi realizada previamente pelos responsáveis, com base em critérios pedagógicos e formativos, buscando compor grupos heterogêneos. Foram considerados o nível de proficiência em inglês de cada estudante (uma vez que, ao longo do percurso, seria necessário ler e compreender artigos científicos nesse idioma), o ano em que o aluno se encontrava na graduação (visto que os estudantes de etapas mais avançadas já haviam cursado disciplinas que facilitariam a compreensão dos conteúdos de eletroquímica) , e o curso de origem (licenciatura ou bacharelado), de modo a favorecer a colaboração entre diferentes perspectivas acadêmicas.

Dessa forma, cada grupo foi formado de maneira mista, reunindo estudantes com diferentes níveis de conhecimento em inglês, distintos momentos na formação universitária e trajetórias específicas, o que permitiu uma troca mais rica de saberes e experiências ao longo da produção dos TDC. Assim, em seguida, será apresentada a estruturação das atividades do projeto, que se apoiou em uma revisão da literatura, no estudo aprofundado da pesquisa-base e na articulação dos conceitos de DC, para promover uma formação sólida e prática no contexto do PET Química.

Para estruturação das atividades, foi realizada uma revisão da literatura e da pesquisa inspiradora, realizada por Primo (2023), o aprofundamento nos fundamentos teóricos e metodológicos acerca da pesquisa base desenvolvida sobre oxidação de efluentes orgânicos e geração de combustíveis desenvolvida por Brito *et al.* (2019) e estudos aprofundados sobre DC. Então, a próxima etapa consistiu no planejamento do projeto, implementando-o no contexto do PET Química.

Durante o planejamento, foram realizadas reuniões prévias com a equipe de trabalho, nas quais as atividades foram definidas de forma colaborativa, levando em consideração os objetivos formativos da proposta. A participação ativa dos membros da equipe foi essencial para garantir a coerência entre os fundamentos teóricos e a execução prática do design.

Sendo assim, a estruturação metodológica da pesquisa foi guiada por três princípios norteadores. O *Princípio da Formação por meio da Divulgação Científica* compreende que a produção de TDC requer leitura crítica, apropriação conceitual, adequação de linguagem e posicionamento frente ao público, sendo, portanto, uma prática formativa. O *Princípio da Interdisciplinaridade* valoriza a articulação entre os campos da química, da DC e do ensino, favorecendo uma abordagem integrada. Já o *Princípio da Divulgação Científica como Gênero Discursivo* entende os TDC como produções discursivas com estilo, tema e composição próprios, não sendo apenas simplificações do discurso científico.

A partir desses princípios, o *design* foi dividido em duas grandes etapas: I) aprofundamento em pesquisa científica; e II) elaboração dos TDC. Assim, a proposta visou não apenas à produção de materiais, mas à formação ampla dos estudantes envolvidos. Como o propósito é desenvolver materiais de DC com base em uma pesquisa científica realizada no IQCAr, foi essencial aprofundar os conhecimentos teóricos desta pesquisa. Portanto, a primeira etapa teve como objetivo principal aprender os conceitos químicos relacionados à oxidação de efluentes orgânicos e à geração de combustíveis.

A primeira etapa teve como foco a compreensão das bases científicas relacionadas à temática escolhida, à oxidação de efluentes orgânicos e à geração de combustíveis — que se desdobra no desenvolvimento de um método para produção de etanol a partir da água de petróleo — Outro objetivo foi a construção de um olhar crítico e comprometido com a promoção do conhecimento científico de forma ética e acessível. Para isso, foram organizadas atividades como seminários, leituras orientadas, discussões em grupo e experimentações práticas, que possibilitaram aos alunos vivenciar diferentes dimensões da pesquisa científica.

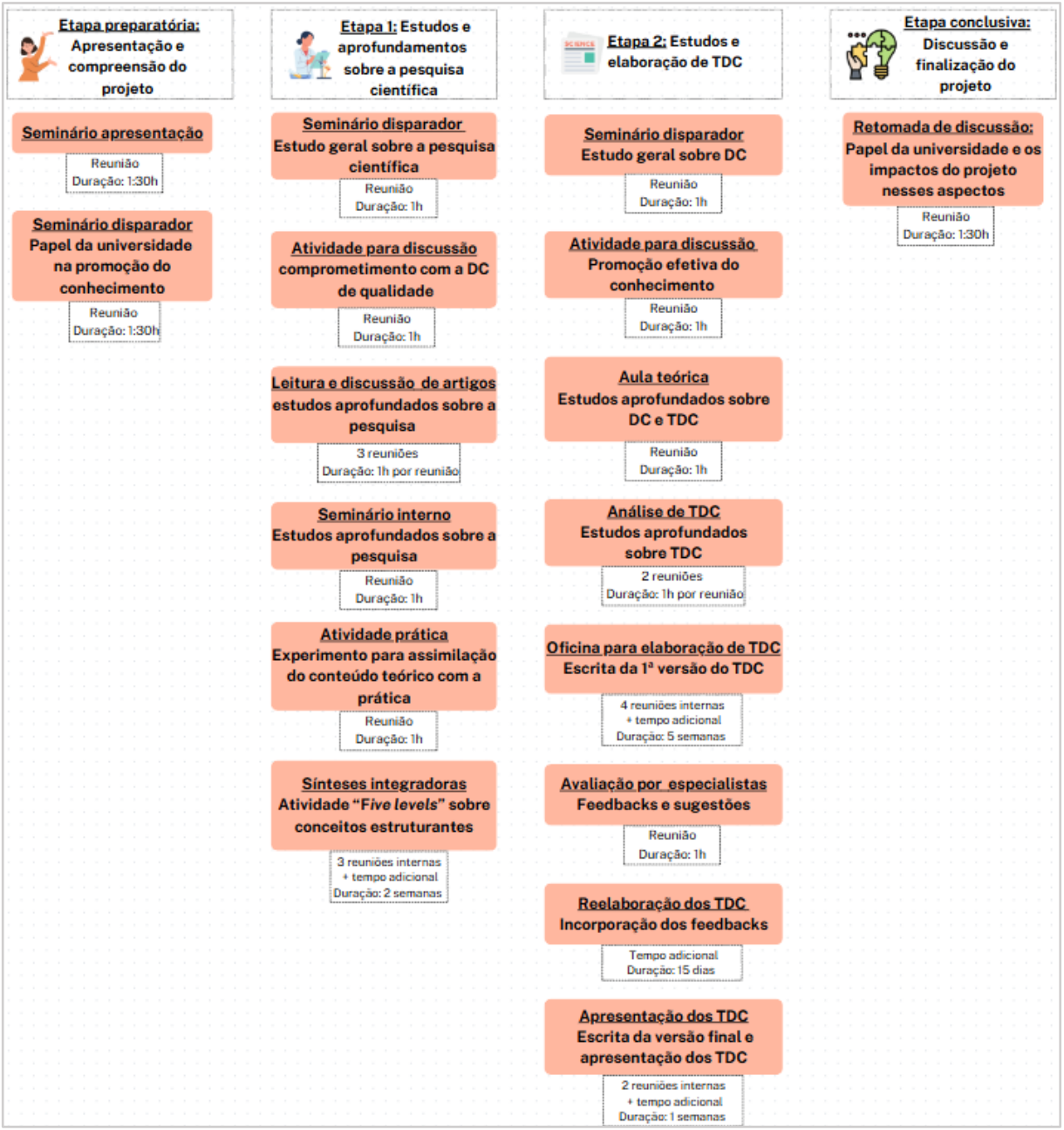
A segunda etapa concentrou-se nos estudos sobre divulgação científica e na produção dos TDCs. Os alunos participaram de uma oficina de escrita dividida em múltiplas sessões, com momentos de exposição teórica, análise de exemplos de

TDCs e produção textual com acompanhamento e devolutivas constantes. A metodologia incluiu ainda a avaliação por pares e especialistas, seguida da reelaboração dos textos com base nos *feedbacks* recebidos, finalizando com a apresentação pública dos materiais produzidos. A seguir, detalhamos o desenvolvimento de cada atividade na próxima seção.

### 4.5 Implementação do projeto no contexto PET-QUÍMICA

É importante ressaltar que, além das duas grandes etapas, o projeto conta com uma etapa preparatória, que consiste na apresentação e compreensão do projeto, além de apresentar uma breve visão geral sobre o papel da universidade na promoção do conhecimento, palestra ministrada por Primo (2023), responsável pela pesquisa-base deste projeto. A Figura 6 ilustra a estrutura didática das atividades propostas para a pesquisa.

**Figura 6 -** Esquema básico da estrutura didática das ações da pesquisa.




**Fonte:** Elaboração própria

De maneira geral, a estrutura da pesquisa se apresenta em duas grandes etapas, uma etapa preparatória e uma conclusiva, sendo que a primeira se resumiu na apresentação do projeto para os dois grupos, futuros parceiros (*Electron* e PET). Durante a etapa preparatória, foi apresentado o planejamento geral ao grupo PET e ao grupo *Electron*, explicando o papel de cada um durante o desenvolvimento. Nesse momento, a parceria foi firmada e as equipes alinhadas. Em seguida, ocorreu o seminário disparador sobre o papel da universidade na promoção do conhecimento, conduzido pela Ma. Carolina M. Primo, responsável pela DBR que inspirou esta

pesquisa. Ela compartilhou suas experiências, capacidades e vantagens da pesquisa, motivando os alunos para o início das atividades.

Após as apresentações iniciais, iniciamos a Etapa 1, que consistiu em seis atividades: *I) seminário disparador; II) atividade para discussão III) leitura e discussão de artigos; IV) seminário interno; V) atividades práticas; VI) sínteses integradoras.*

A primeira etapa da pesquisa começou com a atividade que contou com a participação da Profa. Dra. Juliana Ferreira de Brito, pesquisadora líder do grupo *Electron*. O grupo em questão desenvolveu a pesquisa que foi utilizada como base pesquisa base para a produção dos TDC. Durante essa etapa, a professora se apresentou aos alunos e ministrou um seminário detalhado, com o objetivo de apresentar o grupo de pesquisa, os pesquisadores envolvidos, a linha de investigação adotada e o conceito geral da pesquisa. Essa atividade inicial permitiu que os alunos compreendessem melhor o contexto científico e o ambiente de pesquisa que fundamentaram a produção dos textos.

Na atividade para discussão, houve uma discussão focada na conscientização dos alunos sobre a importância da DC e o compromisso ético do agente que irá realizar a DC. Neste momento, os alunos foram estimulados a refletir sobre o papel do divulgador e a necessidade de atenção a diversas questões éticas e sociopolíticas inerentes à prática da DC, reforçando que essa atividade não envolve apenas o domínio do conteúdo químico, mas também uma responsabilidade social mais ampla.

A atividade denominada "*leitura e discussão de artigos*", sobre os estudos aprofundados, consistiu em propor que os alunos realizassem a leitura dos documentos previamente selecionados pela equipe de trabalho. Tais artigos envolviam como temática central, reações de oxirredução para a conversão de materiais poluentes em materiais de interesse (Brito *et al.*, 2019; Medina *et al*., 2022). Durante as reuniões, foram formados grupos para discussão e formulação de perguntas sobre os artigos.

Vale mencionar que os artigos selecionados são escritos na língua inglesa, então se fez necessário que os petianos fossem divididos de forma em grupos heterogêneos, de maneira que fossem compostos por alunos que dominam a língua e outros com menor compreensão da mesma. Foi nesse momento que os petianos, junto com os coordenadores do projeto, decidiram em qual artigo iam se basear para a produção do TDC, percebendo que não seria possível a escrita de um texto sobre

toda uma linha de pesquisa. O artigo "*Turning carbon dioxide into fuel concomitantly to the photoanode-driven process of organic pollutant degradation by photoelectrocatalysis*", que fala sobre oxidação de efluentes orgânicos e geração de combustíveis, foi o escolhido (Brito ***et al.***, 2019).

Sendo assim, a atividade de leitura e discussão dos artigos foi realizada em três reuniões consecutivas, de uma hora cada. Sendo que nas duas primeiras foram lidos e discutidos um artigo em cada, enquanto que a terceira reunião foi utilizada para sanar todas as dúvidas remanescentes e para escolher o artigo que seria utilizado. Essa atividade demonstrou uma certa relevância para a interação dos alunos com os integrantes do grupo de pesquisa, assim como a Profa. Dra. Juliana, que compartilhou suas experiências e obstáculos durante suas pesquisas.

O seminário interno foi focado na discussão do artigo escolhido, em que houve uma discussão detalhada do mesmo. Neste momento os alunos puderam esclarecer todas as questões conceituais sobre o conteúdo química e tirar as dúvidas restantes. Em seguida foi realizada uma atividade prática em que os petianos puderam observar alguns experimentos do grupo e também observar equipamentos que foram demonstrados no artigo discutido, com a intenção de fornecer uma segurança e base ainda maior para a produção dos textos.

A última atividade da etapa 1 consistiu nas sínteses integradoras, por meio da realização da atividade intitulada "*Five Levels"*. Nessa atividade, os alunos foram desafiados a construir explicações sobre a pesquisa base, em diferentes níveis de complexidade, a fim de desenvolver habilidades de adaptação da linguagem científica para públicos variados.

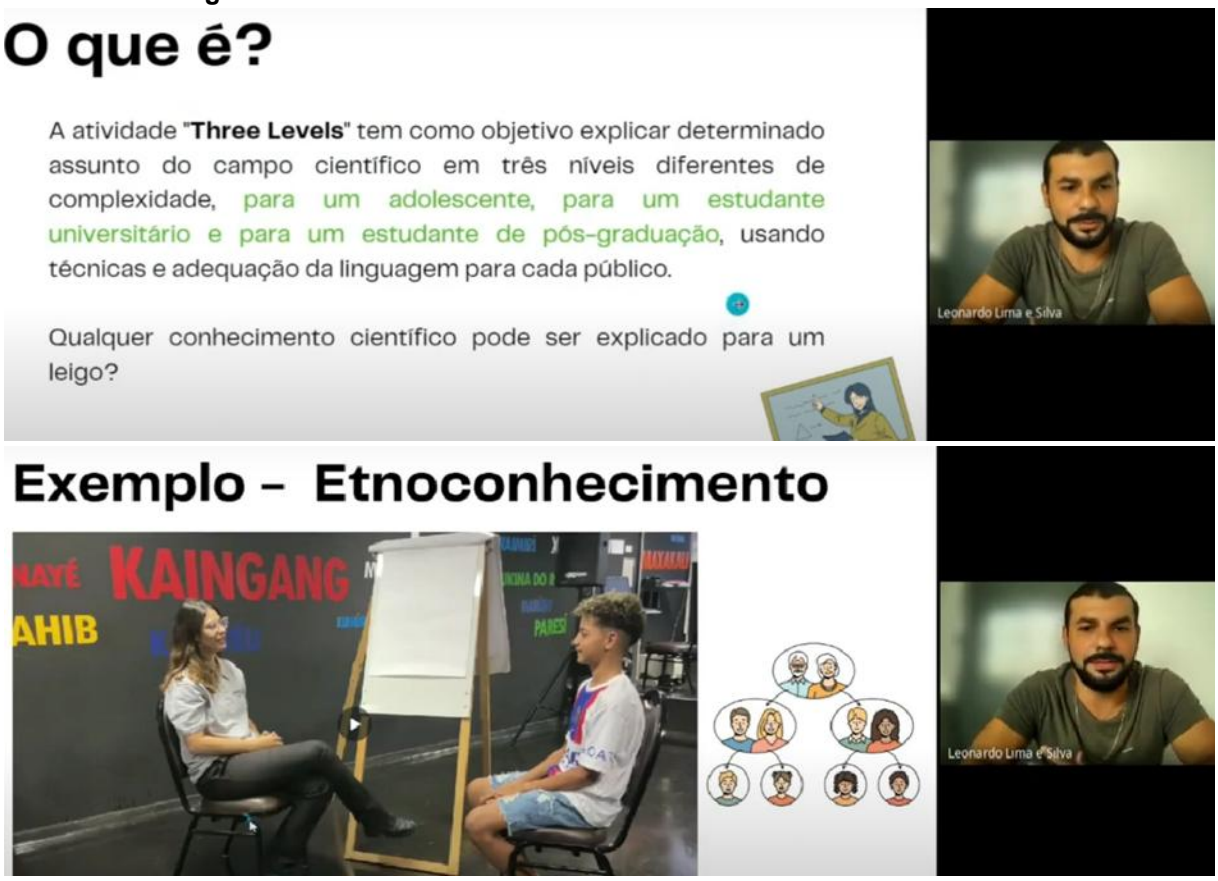
A atividade "*Five Levels*" foi adaptada para o contexto do projeto de DC com o objetivo de aprimorar a capacidade dos alunos em comunicar conceitos químicos complexos a diferentes públicos. Originalmente, essa metodologia foi popularizada pela série de vídeos da WIRED[2], na qual especialistas explicam um conceito científico em cinco níveis de complexidade, direcionados a uma criança, um adolescente, um estudante universitário, um pós-graduando e um especialista.

Embora originalmente a proposta do *Five Levels* contemplasse cinco níveis distintos de explicação, os alunos participantes do grupo PET realizaram três níveis. Neste momento foi fornecida uma explicação detalhada em forma de vídeo aula,

[2] https://www.wired.com/video/series/5-levels

realizada por um dos coordenadores do projeto, Leonardo Lima, sobre como os alunos deveriam realizar essa atividade e até mesmo alguns exemplos de como ela foi realizada em outros momentos, como observa-se na Figura 7.

**Figura 7 -** Vídeo aula sobre como desenvolver a atividade “three levels”.




**Fonte:** banco de dados da pesquisa[3].

Para isso, os petianos foram divididos em quatro grupos, em que cada um produziu três vídeos explicativos, direcionados para públicos com graus diferentes de conhecimento: o primeiro voltado para estudantes do ensino médio, o segundo para alunos da graduação e o terceiro para especialistas na área de eletroanalítica. Essa atividade incentivou o exercício da DC ajustada ao público-alvo, promovendo a reflexão sobre a linguagem, o conteúdo e os recursos comunicativos apropriados para cada contexto.

Na Etapa 2, realizamos estudos e aprofundamentos acerca da DC e TDC. Foram, ao todo, oito principais atividades: *I) seminário disparador; II) atividade para*

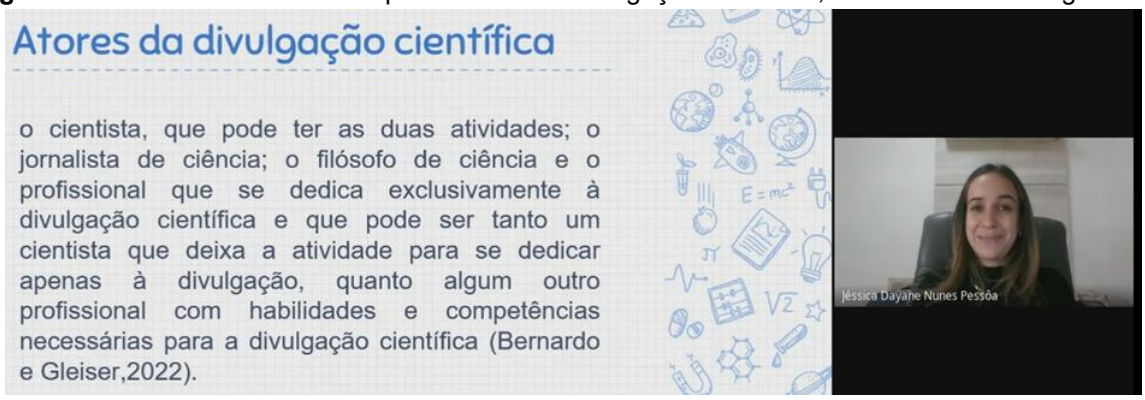
[3] Permissão para uso concedida por Leonardo Lima e Silva.

*discussão; III) aula teórica IV) análise de TDC; V) oficina para elaboração de TDC; VI) avaliação por especialistas; VII) reelaboração do TDC; VIII) apresentação do TDC.*

A primeira atividade (Figura 8) foi intitulada *seminário disparador*. O seminário sobre introdução do conceito de DC e métodos de realizá-la foi ministrado pela jornalista Jéssica Dayane Nunes Pessoa, responsável pela DC das ações do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Faculdade de Ciências e Engenharia do Câmpus de Tupã (UNESP).

O seminário foi realizado utilizando a plataforma *Google Meet* e durante a palestra foram abordados assuntos relacionados à DC de forma mais ampla, com enfoque nos modelos de DC. Ao final da apresentação, os espectadores realizaram perguntas, que foram respondidas pela docente.

**Figura 8 -** Atividade "seminário disparador" sobre Divulgação Científica, transmitido via Google Meet.




**Fonte:** banco de dados da pesquisa[4].

A segunda atividade (Figura 9) teve como foco uma discussão mais aprofundada sobre a DC e sua função na promoção efetiva do conhecimento. Conduzida pela pesquisadora responsável por esta pesquisa, a atividade teve como recurso disparador trechos selecionados do filme *Não Olhe para Cima* (McKay, 2021). A obra foi utilizada como ponto de partida para levantar questões norteadoras que permitissem aos alunos refletir sobre os riscos de uma DC ineficaz, ou até mesmo contraproducente, quando feita sem preparo, estratégia ou conhecimento adequado sobre o público-alvo.

Durante a atividade, foram abordados aspectos relacionados à banalização da ciência, à espetacularização da informação e à falta de credibilidade que pode surgir da ausência de clareza e responsabilidade na forma de comunicar.

[4] Permissão para uso concedida por Jéssica Pessoa.

**Figura 9 -** Atividade de discussão sobre a promoção efetiva do conhecimento.



**Fonte:** banco de dados da pesquisa

O objetivo central foi evidenciar que a DC vai além de transmitir conteúdos científicos. Ela exige conhecimento prévio sobre quem se pretende atingir, domínio dos princípios e objetivos da própria DC, e o desenvolvimento de estratégias comunicativas éticas, eficazes e contextualizadas. Dessa forma, a atividade buscou despertar nos alunos uma consciência crítica sobre o papel do comunicador científico e a necessidade de um planejamento cuidadoso para evitar reforçar estigmas, desinformação ou interpretações.

A terceira atividade proposta consistiu em uma aula expositiva voltada para a abordagem de fundamentos teóricos e metodológicos relacionados à DC e à produção de TDC. Com duração aproximada de 50 minutos, a aula foi ministrada pela pesquisadora responsável pelo projeto, em parceria com o aluno Leonardo, mestrando coordenador da equipe.

O conteúdo foi organizado em quatro blocos temáticos: no primeiro, discutiu-se a definição de DC e seus principais objetivos, destacando seu papel na mediação entre a ciência e a sociedade. Em seguida, o segundo bloco abordou os diferentes veículos utilizados para a realização da DC, como revistas, vídeos, redes sociais e exposições, ressaltando suas características e alcances. O terceiro bloco foi dedicado

à discussão sobre linguagem e acessibilidade, enfatizando a importância de adaptar o vocabulário, a estrutura e os recursos comunicativos de acordo com o público-alvo.

Por fim, o quarto bloco promoveu uma comparação prática entre um TDC e um artigo científico, permitindo que os alunos identificassem, de forma concreta, as diferenças em termos de estrutura, linguagem, propósito e estilo comunicativo. Essa atividade teve como objetivo oferecer aos participantes uma base sólida para compreender os elementos que compõem um TDC e refletir sobre as particularidades da DC voltada para diferentes públicos.

A próxima atividade consistiu na análise de um TDC, cujo objetivo principal foi proporcionar aos alunos a oportunidade de identificar, na prática, os elementos que caracterizam um TDC de qualidade. Para isso, foi selecionado um texto publicado pela *Revista Balbúrdia*[5], veículo independente voltado à popularização da ciência.

A análise foi orientada pelo instrumento adaptado por Ferreira e Queiroz (2011) especificamente para o contexto da Química. Esse instrumento contempla diversos aspectos relevantes, como clareza conceitual, estruturação do texto, adequação ao público-alvo, uso de recursos linguísticos e visuais, entre outros elementos que contribuem para a efetividade da DC.

Durante a atividade, os alunos foram convidados a aplicar esse instrumento de forma coletiva, analisando item a item do referencial e relacionando-os ao conteúdo e à forma como o texto da *Revista Balbúrdia* foi construído. A proposta permitiu que eles compreendessem, de maneira concreta, como os critérios teóricos se manifestam em um TDC real, desenvolvendo um olhar crítico sobre as estratégias de divulgação utilizadas e refletindo sobre como poderiam incorporá-las futuramente em seus próprios textos.

A atividade de elaboração dos TDC foi conduzida por meio de uma oficina prática, dividida em quatro encontros presenciais, com duração de uma hora cada, realizados semanalmente. Essa oficina foi conduzida pela pesquisadora responsável pelo projeto, em parceria com um dos integrantes da equipe, Leonardo, e teve como objetivo acompanhar de forma contínua e colaborativa o desenvolvimento dos textos pelos participantes.

A cada reunião, era apresentada uma nova etapa da produção do TDC, como definição de tema, escolha do título, estruturação da introdução, desenvolvimento e

[5] https://sites.usp.br/revistabalburdia/

finalização, com explicações teóricas e exemplos práticos. Os alunos iniciavam a elaboração da parte correspondente durante o próprio encontro, com a orientação dos mediadores, e tinham o prazo de uma semana para concluí-la. Na reunião seguinte, partia-se para a próxima etapa do texto.

Essa organização buscou garantir que os alunos tivessem tempo para refletir sobre cada parte do processo de escrita, ao mesmo tempo em que se sentissem acompanhados e acolhidos diante de dúvidas ou dificuldades. O formato contribuiu para que os participantes pudessem construir seus textos de forma mais segura e consciente, incorporando os elementos discutidos ao longo das aulas anteriores sobre divulgação científica.

A atividade seguinte consistiu na avaliação por especialistas dos TDC produzidos pelos alunos. Essa etapa teve como objetivo proporcionar uma devolutiva qualificada, com foco tanto no conteúdo químico quanto nos aspectos próprios da DC. Para isso, os textos foram enviados à professora Juliana Brito e à sua aluna de doutorado. Ambas realizaram uma leitura atenta com foco na coerência e correção dos conceitos químicos, analisando se os fundamentos científicos estavam sendo abordados de forma correta, clara e precisa.

Simultaneamente, os mesmos textos foram encaminhados ao professor Amadeu Moura Bego e à pesquisadora responsável pela presente pesquisa. Ambos se dedicaram à avaliação dos TDC sob a perspectiva da DC, levando em conta aspectos como linguagem, estrutura, adequação ao público-alvo e intencionalidade comunicativa. Para essa análise, foi utilizado o instrumento de avaliação adaptado por Ferreira e Queiroz (2011), o qual oferece parâmetros específicos para qualificar TDC de forma sistematizada.

Essa etapa permitiu não apenas identificar pontos de melhoria nos textos, mas também reforçar o caráter formativo do *design*, ao colocar os alunos em contato com retornos técnicos e especializados, essenciais para o aprimoramento da produção científica voltada ao público não especializado.

Em seguida, foi realizada a atividade de reelaboração dos TDC, na qual os petianos puderam incorporar os *feedbacks* fornecidos pelos especialistas durante a etapa anterior. Essa revisão permitiu que os alunos aprimorassem seus textos, tanto no que diz respeito à precisão conceitual da química quanto aos elementos comunicativos e estruturais da DC. A produção da segunda versão dos TDC refletiu,

portanto, um processo formativo pautado na escuta ativa, na reflexão crítica e no desenvolvimento contínuo.

Por fim, a última atividade dessa etapa consistiu na diagramação dos textos, com o objetivo de prepará-los para divulgação pública em um formato atrativo e acessível. Para isso, os petianos utilizaram a plataforma *Canva*[6], que possibilitou a criação da versão final dos TDC com identidade visual própria, organização textual adequada e recursos gráficos que favorecessem a leitura e o interesse do público.

Para dar seguimento às etapas da pesquisa inspirada em uma DBR e, pensando nos objetivos e questões de pesquisa, todos os dados foram coletados. Na próxima subseção apresentamos as fontes de informação e os instrumentos de coletas de dados, bem como a forma de análise dos dados.

### 4.6 Fontes de informação e instrumento de coleta de dados

A pesquisa utilizará duas fontes de informação, os materiais elaborados (TDC) e espaços (encontros e reuniões com os membros do PET). Por isso, a coleta de dados acontece durante a elaboração dos materiais junto à equipe do PET-IQ/CAr.

Foram realizadas gravações durante os encontros e reuniões em todas as etapas para facilitar a coleta de dados. As gravações foram realizadas mediante a aprovação dos sujeitos como participantes da pesquisa e a concordância estabelecida por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). O projeto foi encaminhado à Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 79761924.9.0000.5400).

### 4.7 Categorização das falas

Para a análise das falas dos participantes, foram elaboradas categorias e códigos analíticos (Quadro 1) baseados nos objetivos formativos estabelecidos por Primo (2023). Se torna importante ressaltar que, apesar de baseado em Primo (2023), as categorias foram adaptadas de acordo com os princípios de *design* deste trabalho. Essa categorização *a priori* emergiu da análise qualitativa e adaptação da dissertação de Primo (2023).

[6] https://www.canva.com/

**Quadro 1 -** Categorias e códigos analíticos utilizados para análise das falas.

| Categoria analítica | Códigos analíticos |
|---|---|
| **Desenvolvimento de habilidades de DC** | Compreensão da importância do desenvolvimento de produtos de DC. |
| | Percepção da aprendizagem de DC como um gênero discursivo específico. |
| | Percepção da importância da utilização de estratégias, discursos e recursos específicos no desenvolvimento da DC. |
| | Capacidade de Reconhecer a importância da adaptação da linguagem para o público alvo. |
| | Reflexões sobre como tornar a comunicação mais acessível e envolvente. |
| | Uso de exemplos e referências para construção do TDC. |
| **Envolvimento com o processo científico** | Conhecimentos sobre o grupo de pesquisa parceiro e suas áreas de atuação. |
| | Interesse e envolvimento com a pesquisa científica. |
| | Compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo químico a ser divulgado. |
| | Demonstração de conhecimento de termos, técnicas e métodos utilizados na área de pesquisa. |
| | Capacidade de relacionar conhecimentos da DC com o conteúdo científico que será divulgado. |
| **Consciência ética e sociopolítica** | Comprometimento com a acessibilidade da informação. |
| | Reconhecimento da responsabilidade social universitária. |

**Fonte:** Elaboração própria.

As categorias contemplam diferentes dimensões do processo formativo em DC, tais como o desenvolvimento de habilidades específicas para a divulgação científica, a consciência ética e sociopolítica na comunicação, e a construção da identidade do comunicador científico. Cada categoria é composta por códigos analíticos que descrevem aspectos relevantes das falas dos participantes, refletindo suas percepções, aprendizados e reflexões sobre o processo de produção dos TDC.

Sendo que a pesquisa utilizou duas fontes principais de informação: os TDC e os espaços de interação. A coleta de dados ocorreu simultaneamente à produção desses materiais, durante as reuniões da equipe, que foram registradas por meio de gravações em áudio e vídeo, facilitando a posterior transcrição e análise das interações verbais.

O presente estudo fundamenta-se em um conjunto de referenciais teóricos que contribuem para a compreensão da DC como uma prática social complexa, que

envolve a mediação entre o conhecimento científico e diferentes públicos, dentro de contextos socioculturais específicos.

A abordagem da linguagem como prática social, proposta por Bakhtin (1986), de acordo com Cunha (2019), é fundamental para esta pesquisa. Bakhtin destaca que o discurso não é apenas um conjunto de enunciados isolados, mas uma atividade comunicativa situada, marcada por intencionalidade, contexto e interação entre sujeitos. Essa perspectiva permite analisar as falas dos participantes não apenas pelo conteúdo, mas também pelo contexto em que são produzidas, suas intenções e efeitos sociais.

Complementando essa visão, Cunha (2019) reforça a importância de entender a linguagem como meio de construção coletiva do conhecimento, enfatizando a dimensão dialógica da DC. Essa perspectiva enfatiza que a comunicação não é unidirecional, mas um processo dinâmico, no qual os comunicadores científicos precisam adaptar sua linguagem e estratégias para alcançar diferentes públicos.

Esses autores contribuem com uma reflexão sobre a comunicação da ciência na educação, destacando os desafios de tornar o conhecimento científico acessível e significativo para públicos não especialistas. Eles ressaltam que a DC deve transcender a simples transmissão de fatos, promovendo a compreensão crítica e o engajamento do público com a ciência.

No campo da DC, Chagas e Massarani (2020) aprofundam a discussão sobre os gêneros discursivos envolvidos, destacando que a divulgação é uma prática que exige competências específicas, como a adaptação do conteúdo, a escolha adequada de estratégias comunicativas e a preocupação ética com a clareza e a responsabilidade social. Essas autoras destacam que a DC é fundamental para aproximar a ciência da sociedade e fortalecer a confiança pública.

Zamboni (2001) contribui ao discutir os aspectos estratégicos da comunicação, ressaltando a importância de se considerar o público-alvo, o contexto sociocultural e as possíveis interpretações do discurso científico. Ela enfatiza a necessidade de que o comunicador científico seja também um mediador cultural, capaz de traduzir conceitos complexos em mensagens acessíveis e relevantes.

Por fim, Kunsch (1996) oferece uma abordagem sobre a comunicação organizacional e estratégica, que é útil para compreender como as equipes de pesquisa e extensão, como o grupo PET-IQ/CAr, podem planejar e executar ações de

DC de forma eficaz, alinhando objetivos, público e canais de divulgação. Essa base teórica sustenta a análise das interações e produções dos participantes, orientando a construção das categorias e códigos analíticos que refletem os múltiplos aspectos do processo formativo em DC.

### 4.8 Forma de análise dos dados

De acordo com as características da pesquisa, estruturamos a análise em duas etapas: *I) avaliação das falas realizadas nas reuniões*; *II) exame dos textos produzidos pelos petianos.*

A análise dos TDC e das falas dos alunos foi realizada por meio de uma abordagem qualitativa, com foco nas produções textuais e nas expressões verbais dos alunos. Essa metodologia visa explorar e compreender as formas como os alunos se engajam com o conteúdo de divulgação científica, analisando as nuances de suas respostas e interpretações.

Conforme proposto por Gibbs (2007), a análise qualitativa envolve três etapas principais: codificação, categorização e tematização. A codificação consiste na identificação e rotulação de segmentos significativos dos dados, permitindo a organização inicial do material. A categorização envolve o agrupamento desses códigos em categorias que representam padrões ou temas recorrentes. Por fim, a tematização busca identificar os temas centrais que emergem das categorias, proporcionando uma compreensão mais profunda do fenômeno estudado.

Essa abordagem permite uma análise detalhada e interpretativa dos dados, considerando o contexto e as experiências dos participantes. Além disso, enfatiza a importância da reflexividade do pesquisador, que deve estar atento às suas próprias influências no processo analítico e buscar garantir a qualidade e a ética na análise dos dados.

A escolha por uma análise qualitativa se justifica pela busca em compreender as percepções, ideias e reflexões dos alunos em relação ao processo de divulgação científica e à maneira como esses estudantes se apropriam do conhecimento dentro do contexto acadêmico. O objetivo não é quantificar ou generalizar, mas sim, aprofundar-se nos significados e nas construções de sentido presentes nas falas dos alunos e nos textos produzidos. A análise foca em como esses elementos revelam o

aprendizado, as dúvidas, as interações e as estratégias de comunicação que emergem durante o desenvolvimento dos TDC.

Dessa forma, a abordagem qualitativa permite uma compreensão rica e detalhada do processo de aprendizagem dos alunos, destacando os aspectos subjetivos e contextuais envolvidos na construção do conhecimento sobre a DC. Esse tipo de análise valoriza as expressões individuais e os processos reflexivos dos alunos, o que contribui para uma melhor compreensão da dinâmica do ensino de divulgação científica e da percepção dos alunos sobre o conteúdo trabalhado.

Na perspectiva de Gibbs (2009), a análise qualitativa requer a criação de códigos e categorias, que agrupam esses códigos em conjuntos coerentes, facilitando a interpretação dos dados em níveis mais amplos e complexos. Porém, sendo está uma pesquisa inspirada em outro *design* com categorias já elaboradas, todo processo analítico foi feito a partir da marcação de códigos analíticos, relacionados posteriormente às categorias definidas *a priori*.

Essa codificação não é um procedimento mecânico, mas demanda um olhar analítico e reflexivo, que possibilita desvendar os significados simbólicos e polissêmicos presentes nos discursos e textos. Além disso, o processo é dinâmico, permitindo que categorias e códigos sejam constantemente revisados, reorganizados e refinados à medida que o entendimento do pesquisador sobre o objeto de estudo evolui. Sendo assim, para analisar os dados obtidos nesta pesquisa utilizamos a análise categorial.

Dessa forma, a análise categorial com base em Gibbs (2009) possibilitou organizar os dados em níveis hierárquicos, o que facilitou a sistematização das informações e a elaboração de interpretações aprofundadas sobre os processos de construção do conhecimento e da identidade dos participantes como comunicadores científicos. Além disso, a metodologia adotada assegurou rigor e qualidade à análise, por meio da reflexividade constante e da aplicação de técnicas validadas, como a triangulação e a verificação cuidadosa das transcrições e códigos.

## 4.9 Triangulação de informações

De forma a melhorar e desenvolver uma melhoria da qualidade e confiabilidade dos dados, foi feita a triangulação de informações. Sendo assim, os dados obtidos podem fornecer resultados fundamentais para a avaliação do *design*. Desta maneira, o Quadro 2, articula as questões de pesquisa com as fontes e instrumentos de pesquisa utilizados.

**Quadro 2 -** Questões, fontes e instrumentos de pesquisa.

| **Questões de pesquisa** | **Fontes/Instrumentos de coleta de dados** | |
|---|---|---|
| **Enunciado** | **Reuniões presenciais gravadas** | **TDC (versão final)** |
| Como desenvolver um *design* a partir da pesquisa inspiradora que envolva processos otimizados para a elaboração de TDC inspirados em uma pesquisa científica produzida no IQCAr no contexto do PET-Química? | X | X |
| Quais são as percepções dos petianos acerca do processo de implementação do *design*? | X | |
| Que características apresentam os TDC produzidos petianos ao final do *design*? | | X |

**Fonte:** Elaboração própria.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista as características e dimensão da pesquisa, dividimos este capítulo em dois grandes blocos. O primeiro bloco apresenta as análises desenvolvidas com base na transcrição das falas dos alunos do PET durante os encontros, em que as atividades foram sendo desenvolvidas. Nesse momento, realizamos uma análise e discussão dos aspectos relacionados ao processo em si, ou seja, o desenvolvimento dos petianos desde o início até o fim da pesquisa, além das suas percepções em relação ao projeto e suas perspectivas de contribuições.

No segundo bloco, analisamos os produtos finais gerados a partir da implementação do projeto, ou seja, os textos produzidos pelos bolsistas do PET-Química, sendo quatro TDC. Para fundamentar a análise, utilizamos como base o quadro teórico apresentado e discutido no Capítulo 3 sobre instrumentos de análises de TDC.

### 5.1 Análise das falas dos alunos durante as atividades: investigação sobre a percepção e desenvolvimento dos participantes frente ao projeto.

Para organizar e dar clareza ao processo de análise das trocas discursivas durante a implementação de nosso *design*, adotamos a metodologia de mapeamento dos episódios, que consiste em identificar situações com começo, meio e fim, em torno de uma temática específica. Essa abordagem foi aplicada nas transcrições das reuniões realizadas, com o intuito de segmentar e classificar os momentos-chave que surgiram durante as discussões (Aguiar; Costa, 2024).

Como a identificação do tempo se demonstrou irrelevante para a análise, uma vez que o foco recai sobre o conteúdo das falas e as implicações para o desenvolvimento das categorias de análise. Dessa forma, optamos por não registrar os horários exatos, mantendo a organização dos episódios por tópicos e temas discutidos, o que permitiu uma compreensão mais clara das dinâmicas de interação dos alunos com o conteúdo debatido.

Esse movimento de categorização a *priori* da transcrição das falas e questionamentos durante as reuniões, nos permitiu a proposição de três categorias para a análise dos dados, sendo elas: *I) Desenvolvimento de habilidades de DC; II) Envolvimento com o processo científico; III) Consciência ética e sociopolítica.* (Primo, 2023).

### 5.1.1 Categoria “Desenvolvimento de habilidades de DC”

Esta categoria aborda a percepção dos alunos sobre o processo de construção e produção de materiais de DC. Essa compreensão envolve tanto a aquisição de conhecimento sobre o conteúdo científico a ser comunicado quanto o uso de estratégias e recursos específicos para tornar a comunicação eficaz. Dentro dessa categoria, propomos os seguintes códigos analíticos (Quadro 3) que emergiram da análise das falas transcritas de encontros e reuniões, refletindo as habilidades e a compreensão dos alunos sobre os processos envolvidos na criação de materiais de DC.

**Quadro 3 -** Códigos analíticos da categoria “desenvolvimento de habilidades de Divulgação Científica”.

| Categoria analítica | Códigos analíticos |
|---|---|
| **Desenvolvimento de habilidades de DC** | Compreensão da importância do desenvolvimento de produtos de DC |
| | Percepção da aprendizagem de DC como um gênero discursivo específico |
| | Percepção da importância da utilização de estratégias, discursos e recursos específicos no desenvolvimento da DC |
| | Capacidade de reconhecer a importância da adaptação da linguagem para o público alvo. |
| | Reflexões sobre como tornar a comunicação mais acessível e envolvente. |
| | Uso de exemplos e referências para construção do TDC |

**Fonte:** Elaboração própria.

Esses códigos emergiram principalmente nas análises das interações dos alunos durante palestras, discussões e atividades nas reuniões, que visam não apenas compreender o conteúdo científico, mas também aprender a torná-lo acessível e interessante para o público-alvo.

- Código analítico: "Reflexões sobre como tornar a comunicação mais acessível e envolvente"

Os seguintes trechos foram transcritos das gravações da reunião que aconteceu durante a etapa 2 da pesquisa. Mais precisamente, durante a primeira atividade (representada na Figura 6) “seminário disparador: estudo geral sobre DC”, em que a oradora Ma. Jéssica Pessoa abriu um momento para uma reflexão crítica

sobre o que foi apresentado. Os seguintes trechos são extratos demonstrativos do código analítico acima:

> **A1**: “É então, minha pergunta é, num contexto em que a ciência está sendo cada vez mais questionada, como fazer para trazer mais credibilidade para sua DC, independente da forma que você vai fazer?”
>
> **A2**: “Como que a gente faz pra mensurar que DC foi eficaz e como a gente consegue evitar Fake News?”
>
> **A3**: “Um dos problemas técnicos da pesquisa seria tornar atrativo financeiramente, pra tanto chamar investimento quanto a atenção do público, porque para realizar a pesquisa vai milhões de reais ou dólares, até mesmo, pra conseguir 100% de rendimento. Então precisa fazer algo do tipo ‘ó é atrativo vocês vão lucrar’ e esse é o problema, será que é atrativo?”
>
> **A4**: “Então precisa fazer algo do tipo 'ó é atrativo vocês vão lucrar' e esse é o grande problema, eles não acabam lucrando (falando da sociedade e das empresas)”

Assim como na pesquisa de Sotério (2023), que discute a importância do envolvimento emocional e da reflexão no processo de DC, a fala do aluno **A1** reflete uma preocupação com as motivações e confiança do público, elementos cruciais para a credibilidade da mensagem científica. A autora enfatiza que um bom comunicador científico precisa não apenas ter domínio do conteúdo, mas também ser capaz de se conectar emocionalmente com o público e apresentar a ciência de forma que inspire confiança. A fala do aluno **A1** está diretamente ligada a esses objetivos, pois ele demonstra preocupação com formas de aumentar a credibilidade da comunicação em um momento de desconfiança pública em relação à ciência.

Além disso, ao questionar como garantir essa credibilidade independentemente da forma de comunicação utilizada, o aluno demonstra uma reflexão crítica, característica dos objetivos reflexivos abordados por Sotério (2023). Isso implica que ele não está apenas preocupado com a forma, mas com os impactos sociais de sua comunicação, considerando o contexto social e ideológico no qual a ciência está inserida. Isso se alinha ao que a autora defende sobre a necessidade de os comunicadores científicos entenderem a diversidade de perspectivas e a relevância da comunicação responsável.

De maneira similar, a preocupação do aluno **A2** com a eficácia da DC e a prevenção de *Fake News* também está relacionada ao contexto atual, em que a confiança na ciência se vê ameaçada pela propagação de informações falsas. A reflexão do aluno sobre como mensurar a eficácia da DC e combater a desinformação ilustra preocupação com a importância de garantir que a comunicação da ciência seja feita de forma clara, precisa e confiável, o que contribui para uma maior aceitação pública.

O aluno **A3**, ao discutir os desafios financeiros ligados à pesquisa, traz à tona a questão do atrito entre a viabilidade financeira e a DC eficaz. Essa fala é um exemplo de como os alunos estão refletindo sobre as estratégias de DC que conectam o conteúdo científico com questões externas, como financiamento e interesses públicos e privados, o que é essencial para viabilizar e tornar a pesquisa mais atrativa.

Finalmente, a fala do aluno **A4** complementa a reflexão de **A3**, reforçando a ideia de que as promessas financeiras na DC, por mais atrativas que possam parecer, nem sempre se concretizam, o que pode gerar desconfiança. Essa preocupação destaca um aspecto importante da DC, que é a necessidade de ser transparente e realista quanto às expectativas geradas, de modo a manter a credibilidade da ciência.

Essas falas demonstram como os alunos estão relacionando as práticas de DC com o conteúdo científico que está sendo ensinado, refletindo sobre como a ciência deve ser apresentada de maneira responsável, efetiva e engajante. Eles estão, portanto, não apenas compreendendo o conteúdo científico, mas também desenvolvendo uma consciência crítica sobre os desafios e as responsabilidades envolvidas na DC.

Ainda dentro do código analítico “Reflexões sobre como tornar a comunicação mais acessível e envolvente”, é possível observar uma fala curta, porém extremamente rica em termos de discussão e reflexão crítica.

A seguinte fala foi registrada por meio da transcrição das gravações da reunião que aconteceu durante a etapa 2 da pesquisa. Mais precisamente, durante a segunda atividade (representada na Figura 6) “atividade para discussão: promoção efetiva do conhecimento” que teve o objetivo de promover a reflexão sobre os possíveis impactos de uma DC mal elaborada. A pergunta motivadora da discussão foi: *"O que de pior poderia acontecer caso se realizasse uma DC de baixa qualidade? Apenas não teria retorno, ou poderia piorar alguma coisa ou reforçar visões errôneas?"*

A aluna, ao refletir sobre essa questão, respondeu:

> **A5**: “Na melhor das hipóteses a gente vai, faz um trabalho mais ou menos, a gente concretiza o que é de ruim. Então se eles achavam que o cientista é representado apenas por um homem branco, agora eles vão ter certeza.”

Essa fala revela a percepção da aluna sobre o impacto negativo que uma DC de baixa qualidade pode ter sobre a formação de estereótipos e a perpetuação de visões distorcidas sobre a ciência, especialmente no que diz respeito à representação de quem faz ciência.

Conforme Cunha (2019), comunicar ciência não se limita à transmissão de fatos ou dados objetivos; trata-se de um processo inserido em dinâmicas sociais complexas, permeado por valores, crenças e interesses políticos. A preocupação da aluna em “concretizar o que é de ruim” ao produzir um material de baixa qualidade indica uma percepção dessa complexidade e da responsabilidade que envolve a produção de conteúdos de DC.

Ele demonstra consciência de que a imagem da ciência não é neutra, e que seu trabalho pode, ainda que involuntariamente, reforçar visões distorcidas, como a de que a ciência é feita apenas por homens brancos e geniais — visão essa profundamente enraizada, como apontam Gil-Pérez, *et al.* (2001).

Essa visão elitista e individualista da ciência contribui para a exclusão de grupos historicamente marginalizados, além de gerar uma ideia equivocada de que a prática científica está distante da realidade e da diversidade social. Nesse contexto, o aluno manifesta uma postura autocrítica ao considerar como o produto final pode ser recebido e interpretado por seu público-alvo, o que reforça seu envolvimento afetivo e ético com a atividade de divulgação.

Além disso, esse olhar crítico se relaciona com o que Chagas e Massarani (2020) destacam uma estratégia poderosa para humanizar a ciência e romper com esse imaginário de cientistas isolados e inacessíveis. Ao refletir sobre a imagem que seu material pode transmitir, o aluno evidencia uma sensibilidade narrativa importante: ele compreende que a DC não é apenas sobre conteúdo, mas também sobre representações, afetos e identificação. Nesse sentido, ele aponta, ainda que implicitamente, para a necessidade de construir narrativas mais inclusivas e diversas, que contribuam para desmistificar a ciência e torná-la mais próxima de realidades plurais.

- Código analítico: **“**capacidade de reconhecer a importância da adaptação da linguagem para o público-alvo”:

Os seguintes trechos foram transcritos das gravações da reunião que aconteceu durante a etapa 1 da pesquisa. Mais precisamente, durante a terceira atividade (representada na Figura 6) “Leitura e discussão de artigos”, os alunos foram convidados a ler e discutir uma reportagem de cunho científico sobre a própria pesquisa-base que posteriormente seria utilizada como tema para elaboração dos TDC. A partir da leitura coletiva, propôs-se uma discussão em grupo sobre a acessibilidade da linguagem utilizada no artigo e os possíveis desafios que esse tipo de material impõe ao leitor não especializado. Os alunos foram instigados a identificar se a linguagem poderia dificultar o entendimento e a refletir sobre o que torna um TDC verdadeiramente acessível para diferentes públicos. Os seguintes trechos são extratos demonstrativos do código analítico acima:

> **A6:** “Eu já percebi que eles só usaram termos técnicos específicos quando não tinham escolha. Então eu acho que tem sim partes que são complexas, mas são tipo, próprias da pesquisa, não tem mais como simplificar, mas sim, explicar esses conceitos.”
>
> **A7:** “Comunicação seria os pesquisadores em si, discutindo sobre a ciência, as pesquisas que eles estão elaborando, e a DC seria mais divulgar a pesquisa para o pessoal de fora da universidade, tipo assim, para o ensino médio por exemplo.”
>
> **A8:** “A comunicação científica seria a linguagem de fato com que a ciência se comunicaria, tendo como público-alvo o pessoal do próprio grupo da Juliana (quem desenvolveu a pesquisa a ser divulgada) e a DC pensando no público-alvo como alunos.”

As falas **A6**, **A7** e **A8** revelam que os alunos começam a compreender a importância de adaptar a linguagem de um produto de DC considerando o perfil do público alvo, uma habilidade central para quem está desenvolvendo competências em DC. As reflexões que surgem a partir da leitura e discussão da reportagem científica demonstram que os participantes já estão sensíveis à ideia de que não é possível fazer divulgação científica sem pensar cuidadosamente para quem se está falando, como bem enfatiza Chagas (2020).

Na fala do aluno **A6**, ele demonstra uma compreensão sobre o equilíbrio entre o uso necessário de termos técnicos e a clareza da linguagem. A percepção de que

certos conceitos são inerentemente complexos, mas ainda assim precisam ser explicados (em vez de apenas simplificados), evidencia uma preocupação com a compreensão do leitor não especializado de que entender as necessidades do público ajuda a planejar e executar uma DC mais eficaz, sem necessariamente “infantilizar” o conteúdo, mas sim torná-lo compreensível (Chagas, 2020).

O aluno **A7** faz uma distinção clara entre DC entre pares e a divulgação científica para públicos externos, apontando diretamente para um público específico: alunos do ensino médio. Essa fala mostra que o aluno compreende a necessidade de adequar não só a linguagem, mas todo o discurso, a partir do reconhecimento de quem está do outro lado da mensagem, exatamente como defende Chagas (2020), ao afirmar que não se deve mirar em um “público geral”, mas sim em interlocutores concretos, com perfis e interesses específicos.

- Código analítico: **“**Percepção de aprendizagem da DC como um gênero discursivo específico”:

É importante ressaltar que, embora a fala de **A8** a seguir não seja totalmente explícita sobre o reconhecimento de um gênero discursivo específico para a DC, ela apresenta características que sugerem um início de compreensão sobre a adaptação da linguagem, conforme o público alvo. Sendo assim, ao analisar essa fala, arrisca-se informar que, não estamos forçando sua inserção neste código analítico, mas, sim, identificando um passo inicial de um processo que pode, eventualmente, evoluir para um entendimento mais claro sobre a natureza da DC enquanto gênero discursivo.

Diante disso, podemos dizer que a fala a seguir se encaixa no código analítico **“**percepção de aprendizagem da DC como um gênero discursivo específico”:

> **A8:** “A comunicação científica seria a linguagem de fato com que a ciência se comunicaria, tendo como público alvo o pessoal do próprio grupo da Juliana (quem desenvolveu a pesquisa a ser divulgada) e a DC pensando no público alvo como alunos.”

Sendo assim, a fala de **A8** realmente indica um passo importante rumo à compreensão da DC como um gênero discursivo específico. Nesse trecho, o aluno não está apenas identificando dois públicos distintos, mas também começa a perceber que há diferenças nas formas de linguagem utilizadas para se comunicar com cada um deles. Ele destaca que a DC deve ser pensada para o público acadêmico,

enquanto **a DC** se destina a públicos fora do ambiente universitário, como estudantes do ensino médio.

Essa percepção do aluno vai além de uma simples diferenciação de público; ela sugere que ele começa a entender que a DC exige estratégias linguísticas específicas, dependendo do contexto e da finalidade.

Como Zamboni (2001), ancorada no filósofo Bakhtin, argumenta, um gênero discursivo se caracteriza por uma forma relativamente estável de dizer algo, moldada por um público, uma finalidade e um contexto específicos. Essa reflexão do aluno sobre as diferenças entre os públicos (pesquisadores e alunos do ensino médio) é justamente um indicativo de que ele está começando a reconhecer essas características fundamentais dos gêneros discursivos.

Com base nos achados desta categoria podemos observar que os alunos não apenas compreenderam os conteúdos científicos, mas também desenvolveram uma consciência crítica sobre como comunicá-los de forma acessível, ética e engajadora. Eles refletem sobre a credibilidade da ciência, a eficácia da divulgação e os impactos sociais de uma comunicação mal elaborada.

Além disso, demonstram capacidade de adaptar a linguagem ao público-alvo e reconhecem os desafios de simplificar sem distorcer o conteúdo. Esses elementos indicam que os alunos estão construindo habilidades fundamentais para a prática da DC, compreendendo-a como um gênero discursivo próprio, sensível ao contexto, às representações sociais e à diversidade do público. Isso contribui diretamente para o avanço da temática estudada ao evidenciar a importância da formação crítica e ética de comunicadores científicos.

### 5.1.2 Categoria “Envolvimento com o processo científico”

Esta categoria refere-se à percepção dos alunos sobre a pesquisa científica que serviria como base para a elaboração do TDC. As falas analisadas demonstram como os alunos se envolveram com os conteúdos científicos, metodologias, contextos institucionais e áreas de atuação do grupo de pesquisa parceiro. Ela demonstra também, a compreensão dos aspectos técnicos e procedimentais que sustentam a investigação.

Os códigos analíticos (Quadro 4) que compõem esta categoria foram definidos a partir da análise qualitativa das falas transcritas e buscam mapear os diferentes níveis de engajamento e apropriação do conhecimento científico pelos alunos.

**Quadro 4 -** Códigos analíticos da categoria "Envolvimento com o processo científico".

| Categoria analítica | Códigos analíticos |
|---|---|
| **Envolvimento com o processo científico** | Conhecimentos sobre o grupo de pesquisa parceiro e suas áreas de atuação |
| | Interesse e envolvimento com a pesquisa científica |
| | Compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo químico a ser divulgado |
| | Demonstração de conhecimento de termos, técnicas e métodos utilizados na área de pesquisa. |
| | Capacidade de relacionar conhecimentos da DC com o conteúdo científico que será divulgado. |

**Fonte:** Elaboração própria.

- Código analítico: "compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo químico a ser divulgado".

Os trechos **A9** até **A14** a seguir também foram transcritos das gravações da reunião que aconteceu durante a etapa 1 da pesquisa. Mais precisamente, durante a terceira atividade (representada na Figura 6) "Leitura e discussão de artigos", em que os alunos foram convidados a ler e discutir uma reportagem de cunho científico sobre a própria pesquisa-base que posteriormente seria utilizada como tema para elaboração dos TDC. Os seguintes trechos são extratos demonstrativos do código analítico acima:

> **A9:** "A pesquisa foi realizada com base em um modelo de arquibancada. Um dos desafios é que os experimentos foram feitos em pequena escala, o que pode levar a falhas e incertezas sobre como o processo funcionaria em grande escala. Além disso, a notícia menciona que 70% do contaminante mais resistente está presente na produção da água de petróleo, o que levanta outra preocupação: como tratar esse resíduo secundário. Outro obstáculo é a captação de investimentos, já que a pesquisa é altamente inovadora e há poucas referências na área. Isso torna necessário um alto investimento inicial, o que pode dificultar a implementação, apesar do grande potencial da tecnologia."

A fala **A10** demonstra uma compreensão articulada dos fundamentos científicos relacionados à pesquisa, o aluno demonstra compreender a diferença entre uma pesquisa realizada em escala laboratorial (bancada) e os desafios de sua aplicação em escala industrial. Além disso, ele revela conhecimento sobre a limitação de generalização dos resultados obtidos em laboratório, o que exige adaptações e novos testes em contextos reais.

Ao destacar que 70% do contaminante mais resistente está presente na produção da água de petróleo, ele mostra ter assimilado uma das principais questões ambientais e técnicas relacionadas ao resíduo, discutidas no artigo de Brito (2019). A preocupação com a captação de investimentos indica, ainda, uma análise crítica do panorama científico.

- Código analítico: “compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo químico a ser divulgado”.

As falas **A10** até **A13** demonstram o movimento inicial dos alunos em direção à compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo químico:

> **A10**: "Eu tenho uma dúvida, no slide anterior na parte que a gente pega as ligas metálicas, é só pra ver se eu entendi... então tem mais, tem outros metais..., mas a gente seleciona esses..."
>
> **A11:**"Eu não entendi exatamente como acontece essa fuga de energia. Pode me explicar?"
>
> **A12:** "Tipo a água que sai assim..., depois que obtém o petróleo?"
>
> **A13:** “Eu espero entender o que é a definição de água de petróleo, como o petróleo é retirado e como eles obtém o petróleo”

Conforme Chagas (2020), ter uma base sobre o conhecimento científico que se irá divulgar é essencial para que se possa posteriormente organizar e adaptar essas informações de forma coerente e significativa para o público-alvo de uma DC. O autor destaca que, antes mesmo de pensar na estrutura do texto, é necessário garantir que se tenha domínio das informações a serem transmitidas. Isso inclui buscar compreender aquilo que ainda não está claro.

A fala de **A10** exemplifica esse esforço inicial de compreensão, em que o aluno demonstra estar elaborando uma hipótese sobre o uso de diferentes metais na

pesquisa e busca confirmar sua compreensão. Trata-se de um processo ativo de construção de conhecimento. Essa busca pela clareza conceitual é reforçada pela fala de **A11**, que traz uma dúvida específica sobre a pesquisa. Demonstra que o aluno está atento aos detalhes do processo químico apresentado e deseja entender os fundamentos científicos por trás dele.

Na fala **A12**, temos uma pergunta que parece surgir da tentativa de estabelecer conexões entre os conteúdos apresentados e o contexto da pesquisa. Mostra que o aluno está tentando compreender a dinâmica da produção de petróleo e da formação de seu resíduo, relacionando esse conhecimento químico com a aplicação real da pesquisa. Por fim, a fala **A13** sintetiza bem esse desejo de compreensão aprofundada. Demonstra a consciência do aluno sobre a necessidade de entender os conceitos básicos antes de se aventurar em etapas mais complexas da divulgação, como a escolha de linguagem, estrutura e foco.

- Código analítico: “demonstração de conhecimento de termos, técnicas e métodos utilizados na área de pesquisa”.

A fala da aluna **A14** demonstra uma familiaridade prévia com o método de voltametria:

> **A13:** "Lá no slide 12, você mostrou acho que era a voltametria, é porque eu estranhei que a evolução vai num potencial negativo."

O estranhamento mencionado em relação ao “potencial negativo” indica que a aluna não apenas reconheceu a técnica como algo já conhecido, mas que também possui repertório suficiente para comparar o que está sendo apresentado com o que ela já viu anteriormente. Assim, o comentário demonstra capacidade de ler criticamente os dados experimentais e perceber uma possível diferença metodológica ou comportamento atípico dentro do experimento.

Esse tipo de observação revela que a aluna não está apenas ouvindo passivamente a explicação, mas articulando o que vê com o que já conhece, estabelecendo pontes entre seu conhecimento prévio e o conteúdo da pesquisa.

Do ponto de vista de Chagas (2020), esse domínio prévio sobre o conteúdo técnico é essencial. Saber do que se trata o experimento, como a técnica funciona e

o que os dados indicam permite ao divulgador tomar decisões mais adequadas sobre o que e como comunicar um dado científico.

- Código analítico: “capacidade de relacionar conhecimentos da DC com o conteúdo científico que será divulgado”.

O trecho a seguir demonstra uma capacidade de conexão da aluna de práticas de DC com o conteúdo que o aluno quer divulgar:

> **A14:** “Nós fomos utilizando perguntas para o leitor durante o texto, por exemplo, a gente usou uma imagem definindo o que era a célula eletroquímica e fomos fazendo perguntas para chegar na explicação da célula. Pareceu um caminho mais fluido.”

Sotério (2020) enfatiza que a comunicação eficaz depende da habilidade de conectar conhecimentos específicos da ciência com as estratégias de divulgação, como o uso de analogias, perguntas e outros recursos que envolvam o público de maneira ativa. Ao utilizar perguntas ao longo do texto, o aluno **A14** não apenas transmite o conteúdo científico sobre a célula eletroquímica, mas também se preocupa com o engajamento do leitor, o que é um reflexo claro dessa habilidade de integrar o conteúdo científico com as práticas de DC.

Desta maneira, vemos que a formação de graduandos que saibam realizar DC de qualidade exige que estes alunos compreendam de forma ativa e crítica os fundamentos científicos do conteúdo a ser divulgado. Questionamentos, articulações com conhecimentos prévios e reconhecimento de técnicas indicam que o contato direto com a pesquisa-base favorece esse processo.

Assim, para avançar na temática estudada, é essencial que projetos de extensão ofereçam espaço para o aprofundamento conceitual desde o início da formação. Isso fortalece a fidelidade científica e a qualidade da divulgação, permitindo que a adaptação da linguagem e das estratégias comunicativas esteja sustentada por um conhecimento sólido e significativo.

Os dados mostram que os alunos iniciaram um processo de compreensão dos fundamentos científicos do conteúdo a ser divulgado, demonstrando questionamentos, articulações com conhecimentos prévios e familiaridade com técnicas específicas. A construção desse entendimento foi incentivada pelo contato direto com a pesquisa-base e pelas discussões em grupo, criando condições para

uma futura divulgação científica com mais fidelidade e coerência. Para avançar na formação de comunicadores científicos, é fundamental que projetos de extensão contemplem esse espaço de aprofundamento conceitual desde o início do processo formativo.

### 5.1.3 Categoria "Consciência ética e sociopolítica"

Esta categoria trata do desenvolvimento de percepções de responsabilidade social e política e compromisso com a acessibilidade da informação científica. As falas analisadas devem mostrar como os alunos se empenham em disseminar conhecimento de maneira ética, considerando a diversidade de público e o impacto social da DC.

Os códigos analíticos (Quadro 5) que compõem esta categoria foram definidos a partir da análise qualitativa das falas transcritas e visam mapear as atitudes dos alunos em relação à responsabilidade social e à adaptação do conteúdo para diferentes públicos.

**Quadro 5 -** "Códigos analíticos da categoria "Consciência ética e sociopolítica".

| Categoria Analítica | Códigos Analíticos |
|---|---|
| **Consciência ética e sociopolítica** | Comprometimento com a acessibilidade da informação. |
| | Reconhecimento da responsabilidade social universitária. |

**Fonte:** Elaboração própria.

- Código analítico: "reconhecimento da responsabilidade social universitária".

Os trechos **A15** e **A16** a seguir foram transcritos das gravações da reunião que aconteceu durante a etapa 2 da pesquisa. Mais precisamente, durante a terceira atividade (representada na Figura 6) "Aula teórica", em que os alunos foram convidados a discutir, ao final da aula, quais seriam os possíveis motivos para a realização da DC. Os seguintes trechos são extratos demonstrativos do código analítico acima, demonstrando uma preocupação com o dever e interesse de levar o conhecimento da universidade para fora de seus muros.

> **A15:** "Eu acho que a população, querendo ou não eles financiam diretamente a gente né, eles pagam os impostos que chegam até a gente, então eles

> querem saber. E eu pensei pô, quando eu for velho eu vou querer saber o que eles estão fazendo com meu dinheiro.”
>
> **A16:** “Acho que é muito importante fazer a ponte né, mostrar o que a gente desenvolve pra sociedade e também na tentativa de “tirar a síndrome de vira lata que o brasileiro tem de achar que tudo que bom só vem de fora”, então promover o conhecimento de que algo excelente está sendo produzido aqui. E ter essa transparência também, que eles sabem pra onde o dinheiro está sendo enviado.”

O aluno **A15** reconhece em sua fala a responsabilidade social da universidade, que deve prestar contas à sociedade sobre o uso dos recursos públicos. Essa visão se alinha com Kunsch (1996), que defende a necessidade de a universidade ser transparente com a sociedade. Além disso, reflete a ideia de que a sociedade financia a ciência e, por isso, tem o direito de saber como esse conhecimento é utilizado. Enquanto isso, o aluno **A16** enfatiza a importância de mostrar à sociedade que a pesquisa de qualidade é feita no Brasil e de garantir transparência sobre o uso dos recursos financeiros.

Ao nos aproximarmos de uma síntese final deste tópico, é importante destacar a efetividade do projeto diante dos códigos que emergiram nas falas dos estudantes, revelando contribuições relevantes para sua formação em DC. As falas analisadas evidenciaram a mobilização de dimensões importantes, como a reflexão sobre o papel social da ciência, a adaptação da linguagem ao público-alvo, a construção da identidade como comunicador científico e a participação ativa no processo formativo.

Esses aspectos se materializaram especialmente nos códigos das categorias "Consciência ética e sociopolítica", "Construção da identidade como comunicador científico", "Experiência formativa ampla e significativa" e "Desenvolvimento de habilidades de DC", demonstrando que os estudantes se envolveram com os desafios comunicativos, reconheceram o valor social da ciência e construíram vínculos com a proposta extensionista.

Esses resultados permitem responder, à questão central desta pesquisa, evidenciando que um *design* formativo voltado à produção de TDC contribuiu para o desenvolvimento de habilidades específicas de DC, como a adaptação de conteúdos científicos para diferentes públicos, bem como para o fortalecimento de uma postura mais crítica e engajada dos estudantes em relação à ciência e à sua comunicação. As estratégias adotadas ao longo do percurso — pautadas no diálogo, na prática

colaborativa e na reflexão sobre o papel da ciência — favoreceram a emergência dessas dimensões formativas.

Esse resultado aponta que, mesmo diante do tempo reduzido e de limitações estruturais, o projeto alcançou seus objetivos formativos de maneira significativa. As estratégias didáticas propostas, como os seminários, as oficinas de TDC, os momentos de discussão coletiva e a mediação dialógica constante, foram eficazes em favorecer a reflexão crítica, o exercício de argumentação e a produção de sentidos compartilhados. As interações ocorridas nesse contexto proporcionaram experiências concretas e formativas, capazes de articular conteúdo científico, linguagem acessível e compromisso ético com a comunicação pública da ciência.

Por outro lado, é necessário considerar que alguns códigos previamente estabelecidos não apresentaram ocorrências nas falas dos estudantes. Especificamente, não foram localizadas falas que evidenciam os seguintes códigos: "Compreensão da importância do desenvolvimento de produtos de DC", "Capacidade de relacionar conhecimentos da DC com o conteúdo científico que será divulgado" e "Uso de exemplos e referências para construção do TDC", todos pertencentes à categoria "Desenvolvimento de habilidades de DC".

Também não foram evidenciadas falas que contemplassem os códigos "Conhecimentos sobre o grupo de pesquisa parceiro e suas áreas de atuação" e "Demonstração de explicações científicas claras por meio da estruturação de argumentos", ambos da categoria "Envolvimento com o processo científico". E por fim, o código "Comprometimento com a acessibilidade da informação", da categoria "Consciência ética e sociopolítica" também não foi observado nas transcrições.

A ausência de falas relacionadas a esses códigos pode ser atribuída a diversos fatores, entre eles o curto período de duração do projeto e as limitações impostas pela organização das reuniões presenciais. Com duração de apenas uma hora por semana, essas reuniões foram impactadas por questões de sobreposição de horários: os estudantes da licenciatura precisavam se ausentar dez minutos antes do término para assistir às aulas de seus cursos, enquanto os estudantes do bacharelado, por vezes, chegavam com dez minutos de atraso devido a conflitos com disciplinas anteriores. Essa sobreposição reduziu ainda mais o tempo efetivo de interação entre os participantes, dificultando o aprofundamento de discussões mais complexas ou a formulação de reflexões individuais mais elaboradas.

No entanto, reconhece-se que, para além dessas limitações descritas acima, é possível que aspectos do próprio *design* formativo também tenham influenciado esse cenário. A estruturação das atividades pode ter favorecido momentos mais voltados à execução e à produção do TDC, em detrimento de espaços específicos para reflexão crítica sobre o papel social da ciência e da própria prática de divulgação. Assim, em um futuro *redesign*, seria interessante considerar a inserção de etapas mais explícitas de autorreflexão. Assim, isso poderia favorecer o surgimento de falas mais alinhadas aos códigos ausentes, ampliando o escopo formativo da proposta.

A comparação entre os códigos que geraram falas significativas e aqueles que não apresentaram ocorrências permite compreender como determinadas dimensões da formação em DC emergem com mais naturalidade nas interações dos estudantes, enquanto outras permanecem mais sutis. Isso pode indicar tanto a necessidade de um tempo mais prolongado de desenvolvimento do projeto quanto a importância de promover estratégias pedagógicas específicas que incentivem reflexões mais estruturadas sobre o processo científico, o papel dos grupos de pesquisa e o compromisso com a acessibilidade da informação científica. Assim, mesmo reconhecendo os limites encontrados, a análise evidencia o potencial formativo da proposta e oferece caminhos para seu aprimoramento em futuras edições.

## 5.2 Análise dos TDC: investigação sobre os produtos finais do *design*

Nesta seção, o enfoque das análises foram os materiais elaborados pelos alunos do PET-Química como produtos do projeto implementado. Como mencionado, os petianos se dividiram em quatro grupos e cada um elaborou um TDC sobre a pesquisa desenvolvida no IQ pela Profa. Dra. Juliana Brito.

É importante mencionar que as análises realizadas nessa seção se apoiaram no quadro teórico-metodológico, apresentado no Capítulo 3 - mais precisamente na subseção 3.1 - referente às bases conceituais da DC e da elaboração de TDC. Sendo assim, nesta seção foi realizada a análise do TDC produzido, de suas características, elementos principais e organização do texto. Essa análise foi realizada de forma a estabelecer um diálogo com o referencial teórico e metodológico, apresentados anteriormente.

Para a realização desta análise, utilizou-se o instrumento proposto por Ribeiro e Kawamura (2005), originalmente desenvolvido para a área de Física, e

posteriormente adaptado por Ferreira e Queiroz (2011) para o ensino de Química. Essa adaptação visou adequar as categorias e subcategorias às especificidades da disciplina, permitindo uma caracterização mais precisa dos TDC no contexto químico.

O instrumento adaptado possibilitou a análise dos TDC com base em categorias como "Conteúdo" e "Forma", subdivididas em aspectos como Temática, Abordagens, Contexto, Estrutura, Linguagem e Recursos Visuais e Textuais. Essas categorias permitiram identificar elementos que orientam a utilização dos TDC no ensino de Química e evidenciaram o potencial educacional desses textos.

Antes de iniciarmos a análise propriamente dita, apresentamos na Figura 10 as capas dos quatro TDC produzidos durante a implementação do projeto. O TDC 1[7] recebeu o título *"Transformação de Luz em Energia como uma Alternativa para Degradação de Poluentes"*. O TDC 2[8] foi intitulado *"Do fundo do mar ao laboratório! Solução criada por pesquisadora busca transformar resíduo de petróleo em combustível"*. O TDC 3[9] apresenta o título *"Fábrica do futuro: como transformar poluentes em combustível"*. Por fim, o TDC 4[10] foi nomeado *"Do descarte ao recurso: como transformar $CO_2$ e poluente em energia limpa?"*. Ressalta-se que todos os textos estarão disponíveis em breve no site do IQCAr[11] e no repositório da UNESP[12].

[7] https://www.canva.com/design/DAGTCGthu5s/yQs5yHxO-9iihIvBb0-2nA/edit?utm_content=DAGTCGthu5s&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

[8] https://www.canva.com/design/DAGS8NfX1DY/2uo-wQiVAuIKV1LcgpQOGg/edit?utm_content=DAGS8NfX1DY&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

[9] https://www.canva.com/design/DAGTCO4jxlg/OhTp5nI1a8tWELVnZoqZdA/edit?utm_content=DAGTCO4jxlg&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

[10] https://www.canva.com/design/DAGTCGthu5s/yQs5yHxO-9iihIvBb0-2nA/edit?utm_content=DAGTCGthu5s&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

[11] https://www.iq.unesp.br/#!/ensino/pet/producoes/textos-de-divulgacao-cientifica/

[12] https://repositorio.unesp.br/collections/48d5250a-cbd4-43ee-afcf-08d3ab3bb0a3

**Figura 10** - Capas dos TDC produzidos durante a implementação da pesquisa.



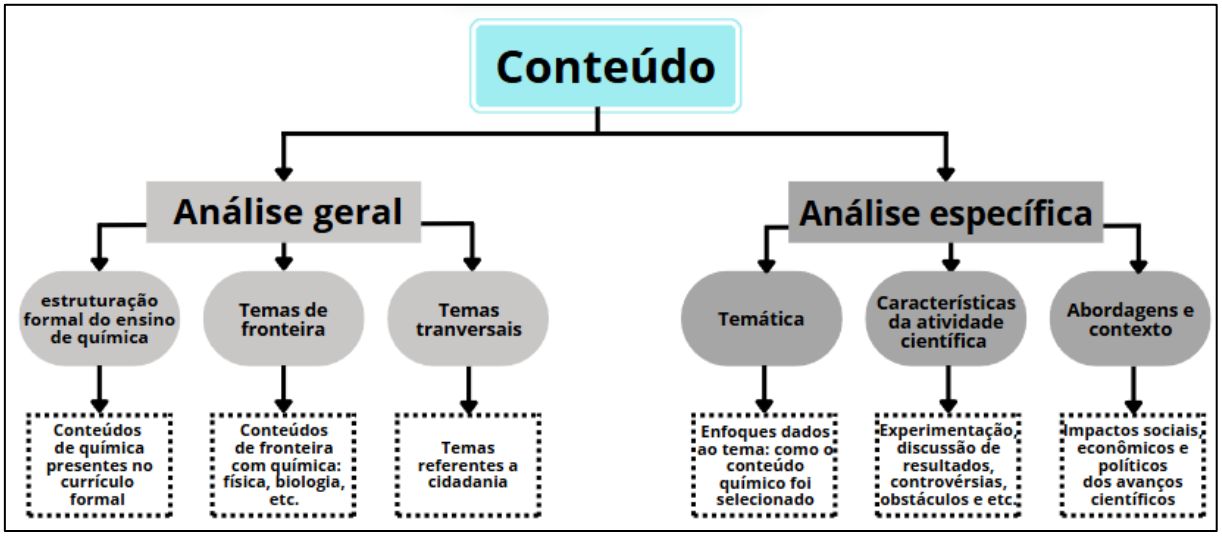
**Fonte:** banco de dados da pesquisa.

Como o instrumento de análise é baseado em categorias referentes ao conteúdo e a forma, a seção presente foi subdividida de maneira que na seção 5.2.1 discute-se sobre os elementos presentes no conteúdo no texto e na seção 5.2.2 discute-se sobre as características presentes na forma.

### 5.2.1 Elementos e características do TDC em relação ao conteúdo

No aspecto relacionado ao conteúdo, é realizada uma análise em dois níveis: uma análise geral, na qual os conteúdos principais do texto são identificados e organizados em três subtópicos — *I) Química; II) Fronteiras do conhecimento; e III) Temas transversais*, conforme já mencionado anteriormente; e uma análise específica, que busca aprofundar a compreensão do conteúdo por meio de três novos eixos: *I) Temática abordada; II) Características da atividade científica; e III) Abordagens e contexto de apresentação*. A Figura 11 apresenta um esquema que sintetiza essa divisão entre análise geral e específica.

**Figura 11 -** Esquema para análise do TDC abrangendo a análise do conteúdo.




**Fonte:** elaboração própria.

Quanto aos temas da química, os autores dos quatro textos buscaram trabalhar os conceitos mais gerais de reações de oxidação e redução, para depois especificar as questões de conversão de $CO_2$ em combustível como etanol e metal. Da mesma forma, questões ambientais foram trabalhadas como um conceito estruturante dos

quatro textos, visto que esse assunto foi de extrema importância no quesito inovação e tecnologia da pesquisa inspiradora.

O texto 1 apresenta temas de *fronteira* que envolvem conhecimentos de biologia e física para explicar processos químicos complexos. Um exemplo do diálogo com a biologia está na comparação entre a catálise química e a fotossíntese, ilustrada na passagem abaixo.

> Para entendermos melhor como funciona esse processo, vamos compará-lo com a fotossíntese, em que as plantas utilizam a luz solar para a transformação de uma molécula em outra por meio de seus 'ajudantes' conhecidos como clorofila, isto é, o catalisador. Lembram que comentamos que a catálise é um processo que utiliza um catalisador para a transformação de moléculas em outras que possuam algum valor? Pois bem, neste caso, as moléculas de valor são a glicose (açúcar) que servirá como fonte de energia para as plantas e o oxigênio, essencial para a vida na Terra (TDC 1, p. 4).

Essa passagem evidencia o entrelaçamento entre química e biologia ao relacionar mecanismos catalíticos com processos biológicos fundamentais para a vida. Além disso, o texto aborda conceitos da física ao explicar o funcionamento dos semicondutores na filtragem da água contaminada, conforme descrito.

> Mas o que são os semicondutores? Quando a água poluída, ou água de petróleo, passar por uma fina membrana de óxido de titânio ($TiO_2$), essa membrana fará uma filtragem onde irão passar os elétrons e água filtrada, os carbonos, presentes no metanol e etanol, são liberados na água de petróleo ficam 'presos' nessa fina membrana. Essa membrana se forma pela deposição de óxido de titânio ($TiO_2$) sobre o eletrodo - parte de um circuito elétrico por onde os elétrons passam, ou seja, por onde a eletricidade é levada, uma placa de titânio metálico, permitindo que ele 'aprisione' os carbonos (TDC 1, p. 6).

Essa explicação integra princípios da física dos semicondutores e da eletricidade para compreender a aplicação tecnológica na remoção de poluentes químicos. No texto 2, são abordados temas de fronteira relacionados à biologia ao discutir o ciclo do carbono e os processos naturais envolvidos, como está descrito abaixo.

> Esse gás contribui para o aquecimento global, provocando um aumento na temperatura do planeta, resultando em secas, enchentes, derretimento de geleiras e elevação do nível do mar. A circulação do carbono no planeta é controlada por um processo natural denominado ciclo do carbono, em que a fotossíntese, a respiração e a decomposição são essenciais nesse processo. No entanto, as ações humanas estão emitindo mais $CO_2$ do que a natureza pode absorver, o que perturba esse ciclo e intensifica o efeito estufa (TDC 2, p. 2).

Essa passagem evidencia a importância dos processos biológicos naturais e os impactos das intervenções humanas no equilíbrio ambiental. No texto 3, o tema de física é abordado, como observa-se na citação abaixo, ao explicar componentes essenciais para o funcionamento do sistema, como o eletrodo.

> Eletrodo é um componente que conduz corrente elétrica em sistemas que geram ou consomem energia (TDC 3, p. 5).

Essa definição destaca conceitos fundamentais da física relacionados à condução elétrica e ao papel dos eletrodos em circuitos energéticos, evidenciando a intersecção entre química e física no projeto apresentado. Ainda no contexto da física, o texto quatro traz o seguinte trecho.

> Um dos componentes mais interessantes do reator é o fotoânodo, que é feito de nanotubos com materiais especiais. Esses nanotubos têm propriedades únicas que os tornam extremamente eficientes na oxidação de poluentes (TDC 4, p. 5).

No texto 4, são explorados temas de *fronteira* que envolvem a nanotecnologia e a física, evidenciados na descrição do fotoânodo composto por nanotubos com propriedades especiais. Esses conceitos extrapolam os conteúdos tradicionais da química escolar ao tratar de estruturas em escala nanométrica e de materiais com comportamentos físico-químicos diferenciados.

A referência ao fotoânodo e à sua eficiência na oxidação de poluentes também implica no entendimento de processos fotoquímicos e eletrônicos, típicos da interface entre química e física. Dessa forma, o texto integra conhecimentos interdisciplinares para explicar o funcionamento do sistema de tratamento de poluentes, reforçando a natureza híbrida do saber científico.

Com base nos trechos apresentados, foi possível observar que os textos, embora tenham como eixo central os conceitos de reações de oxidação e redução aplicados à conversão de poluentes orgânicos e $CO_2$ em combustíveis, dentro da área da química, mas dialogam com diversas outras áreas do conhecimento. Os autores incorporaram explicações que envolvem princípios da biologia, da física e da nanotecnologia, evidenciando a complexidade e a interdisciplinaridade da pesquisa científica que inspirou os textos. A relação com a fotossíntese, o ciclo do carbono, os semicondutores, os eletrodos e os nanotubos demonstra como esses temas extrapolam os limites da química tradicional, articulando-se com outras áreas para

construir uma compreensão mais ampla e contextualizada das tecnologias inovadoras.

Além dos conteúdos estruturantes de reações de oxidação e redução e dos *temas de fronteira*, alguns autores trabalharam *temas transversais*. No TDC 1 por exemplo, identificamos a presença da abordagem de impactos ambientais. Além disso, mesmo que superficialmente, menciona efeitos sobre a saúde humana e agricultura, como mostra o trecho abaixo.

> A emissão de $CO_2$ contribui para o aquecimento global, mudanças climáticas, derretimento de geleiras, elevação do nível dos oceanos e acidificação das águas, afetando gravemente a biodiversidade, a agricultura e a saúde humana. Tecnologias como a célula eletroquímica oferecem uma alternativa promissora ao reduzir o $CO_2$ a combustíveis, diminuindo os efeitos negativos desse gás no ambiente (TDC 1, p. 6).

No trecho analisado, observa-se uma forte presença do tema *transversal* sobre meio ambiente, à medida que são discutidas as consequências da emissão de $CO_2$ sobre o aquecimento global, o derretimento de geleiras e a acidificação dos oceanos. Além disso, há menções aos impactos sobre a biodiversidade, a agricultura e a saúde humana, estabelecendo conexões também com o tema saúde. A abordagem revela uma preocupação com os efeitos sociais e ecológicos das ações humanas, promovendo a reflexão sobre o papel da ciência no enfrentamento de problemas ambientais e na busca por soluções sustentáveis.

No TDC 2 o caráter ambiental se mostra entrelaçado com questões econômicas, como se observa no seguinte trecho.

> E você sabia que essa tecnologia pode ser uma solução para a indústria? Muitas empresas enfrentam desafios na hora de tratar seus efluentes. Com esse reator, é possível reduzir os poluentes e gerar energia ao mesmo tempo, criando uma via de mão dupla, beneficiando o meio ambiente e girando a economia. Isso significa que, em vez de descartarmos a poluição, conseguimos transformá-la em algo útil (TDC 2, p. 5).

Ao abordar os desafios enfrentados por empresas e sugerir caminhos alternativos para o reaproveitamento de resíduos, o texto convida à reflexão sobre práticas produtivas mais conscientes e evidencia que a preocupação ambiental não precisa estar dissociada do crescimento econômico.

A valorização de soluções tecnológicas que integram o benefício ecológico e retorno financeiro amplia a discussão sobre o papel da ciência na transformação

social. O trecho do TDC 3 destaca a relevância da pesquisa sobre degradação de poluentes e produção de combustíveis, com a seguinte afirmação.

> Portanto, a pesquisa sobre a degradação de poluentes e a produção de combustíveis têm grandes impactos. Ela ajuda a desenvolver novas tecnologias que podem limpar a água contaminada e criar materiais mais eficientes para proteger o meio ambiente. Diante dessa discussão que tivemos até aqui, você pode notar que é de grande importância ter seu apoio! Tanto aos pesquisadores, quanto às pesquisas que estão sempre buscando melhorias para o planeta terra e para a sociedade (TDC 3, p. 7).

Essa passagem evidencia a forte articulação com o tema *transversal* sobre meio ambiente, ao enfatizar a busca por soluções que contribuam para a preservação ambiental. Além disso, o texto convoca o leitor a se engajar, ao afirmar que é de grande importância oferecer apoio tanto aos pesquisadores, quanto às pesquisas que estão sempre buscando melhorias para o planeta terra e para a sociedade. Essa chamada reforça o tema *transversal* sobre cidadania e civismo, ao estimular a participação social e o compromisso com o avanço científico e o bem estar coletivo.

O trecho do TDC 4 ressalta os impactos positivos do reator desenvolvido, afirmando o seguinte.

> Os resultados obtidos com esse reator são bastante promissores. Ele não só melhora a eficiência do tratamento de águas residuais, mas também ajuda a reduzir os níveis de $CO_2$ gerando produtos úteis. Isso pode favorecer a chamada economia circular, na qual um problema (a poluição) se transforma em uma solução prática (a geração de combustíveis) (TDC 4, p. 5).

Essa passagem evidencia a articulação com os temas *transversais* sobre meio ambiente e economia, ao destacar tanto a melhoria da qualidade ambiental por meio do tratamento eficiente das águas residuais quanto a transformação da poluição em um recurso valioso, reforçando o conceito de economia circular. Além disso, o texto dialoga com o tema ciência e tecnologia, ao apontar a inovação tecnológica como ferramenta para a sustentabilidade ambiental e econômica.

Em relação à "análise específica” dos TDC, a primeira subcategoria é a *temática*. Como já mencionado, o objetivo principal dos textos foi a divulgação da pesquisa desenvolvida por pesquisadores do grupo *Electron.* Portanto, podemos dizer que a temática dos quatro TDC foi, especificamente reações de oxirredução que ocorrem em um mesmo componente chamado de “reator”, e ao uso do $CO_2$ e de poluentes orgânicos como reagentes em processos químicos sustentáveis.

A proposta de conversão do $CO_2$ em combustíveis envolve conhecimentos como o funcionamento de reações redox em sistemas eletroquímicos, a atuação de

catalisadores fotoativos, e o conceito de potencial de eletrodo, que permite entender a viabilidade da transformação química. Além disso, os textos mobilizam noções sobre interações entre luz, eletricidade e matéria, presentes na técnica da fotoeletrocatálise, e exige do leitor uma compreensão mínima sobre estrutura molecular, transformações químicas associadas à energia e impactos ambientais do uso do $CO_2$ como matéria-prima.

De acordo com a literatura apresentada anteriormente, uma particularidade dos TDC é a apresentação de *características da atividade científica* e estas constituem a segunda subcategoria da análise específica do instrumento de Ferreira e Queiroz (2011). Nos TDC elaborados pelos participantes do projeto, podemos observar características bem marcadas nos textos.

Em um primeiro momento, os textos 1 e 2 apresentaram a pesquisa e os pesquisadores que inspiraram a escrita dos TDC, conforme os extratos demonstrativos a seguir.

> Não só a Profa. Dra. Juliana Ferreira de Brito, como outros professores de diferentes grupos de estudo da área da eletroquímica, contribuíram para a elaboração dessa pesquisa. Outros autores que ajudaram a escrever o artigo que divulga esse estudo são João Angelo Lima Perini, Pós-Doutorando Sênior (CNPq), atuando nas áreas de energia, fotoquímica, fotoeletroquímica e materiais nanoestruturados para redução de gás carbônico em compostos de valor agregado e redução da água, Siglinda Perathoner que trabalha atualmente em fotofísica, fotoquímica e sistemas supramoleculares, e por fim, a Pró-Reitora de Pós-graduação da UNESP, Maria Valnice Boldrin Zanoni (TDC 1, p. 3).

> Um estudo recente, realizada pelos pesquisadores Juliana Ferreira de Brito, João Angelo Lima Perini, Siglinda Perathoner e Maria Valnice Boldrin Zanoni, publicado pela revista Electrochimica Acta em 2019, busca maneiras de reutilizar o $CO_2$ para reduzir esse problema (TDC 2, p. 2).

O trecho apresenta uma introdução clara e acessível sobre a pesquisa desenvolvida pelo grupo *Electron*, liderado pela Profª Drª Juliana Ferreira de Brito. Ao mencionar explicitamente o grupo e sua líder, o texto humaniza o processo científico, aproximando os pesquisadores do leitor e evidenciando a dimensão coletiva e institucional da ciência.

Além disso, essa apresentação reforça a ideia de que os cientistas não trabalham de forma isolada. Sabemos que, na DC, é importante que os pesquisadores sejam colocados no texto, de forma a aproximá-los de quem está lendo, não só para que o leitor conheça as pessoas por trás do desenvolvimento científico, mas também

no sentido de despertar simpatia pelos pesquisadores e, consequentemente, pela ciência por eles produzida.

Reforçando isso, os autores do TDC 1 e 2 deixaram claro a importância da colaboração e da integração entre os diferentes grupos de pesquisa para a construção do conhecimento científico. De forma análoga, a ciência não se constrói de forma individualizada.

A menção ao grupo de pesquisa e à instituição tem o potencial de desconstruir a visão distorcida que muitas pessoas têm de que a ciência é produzida apenas por cientistas gênios e inalcançáveis. Vale destacar também que a liderança do grupo ser uma mulher contribui para ampliar a representatividade e combater estereótipos de gênero na ciência, mostrando que a produção científica é uma atividade plural e acessível a diversos perfis.

Por outro lado, o trecho do TDC 4, demonstrado abaixo, evidencia reflexões relevantes sobre o funcionamento institucional da ciência e a complexidade do desenvolvimento científico para além do laboratório.

> Estudos futuros podem focar no aperfeiçoamento de materiais, como os eletrodos, para aumentar a eficiência do processo, reduzir o consumo de energia e até adaptar a técnica para a remoção de outros poluentes perigosos. Apesar dos avanços, ainda há questões importantes a serem resolvidas. É fundamental ressaltar que essa pesquisa foi realizada em ambiente laboratorial, o que exige uma análise cuidadosa sobre a viabilidade em escala industrial. Essa transição envolve desafios relacionados à eficiência do processo, custos de investimento e o impacto econômico, que precisam ser considerados para uma implementação prática e sustentável (TDC 4, p. 6).

Ao abordar a necessidade de aperfeiçoamento dos materiais, como os eletrodos, e destacar que a pesquisa ainda se encontra em fase laboratorial, o texto sugere que a ciência é um processo em constante construção, repleto de desafios técnicos, econômicos e estruturais. O TDC 2 reforça essa ideia com o seguinte trecho.

> Apesar da inovação da pesquisa, ainda existem alguns desafios para a implementação deste processo. O aparelho que realiza as transformações químicas não utiliza o dióxido de carbono produzido no compartimento de oxidação para a produção de combustível. Outro ponto que necessita de mais estudos é a escala do processo, que por ser realizado em um laboratório não atende a quantidade com a qual a indústria lida. Entretanto, com o desenvolvimento da pesquisa, futuramente, podemos ter um destino dos poluentes da indústria petrolífera, mais sustentável e amigavelmente ao meio ambiente (TDC 2, p. 6).

Isso contribui para desconstruir a ideia de linearidade e certeza absoluta na ciência, apontando para a existência de incertezas, obstáculos e a necessidade contínua de adaptações. Além disso, ao mencionar a viabilidade em escala industrial e os custos de investimento, o texto insere a discussão em um contexto institucional mais amplo, revelando como a ciência está inserida em sistemas de financiamento, infraestrutura e tomada de decisão que envolvem não apenas cientistas, mas também políticas públicas, indústria e sociedade.

Tais elementos podem ser associados, mesmo que sutilmente, ao funcionamento institucional da ciência e às controvérsias que emergem quando o conhecimento científico precisa dialogar com aspectos econômicos, sociais e ambientais. Essa abordagem abre margem, ainda que de forma implícita, para debates públicos sobre sustentabilidade, investimentos em inovação e prioridades no desenvolvimento científico e tecnológico. Assim, o trecho contribui para ampliar a compreensão sobre a ciência como um processo social e dependente de múltiplos fatores, o que enriquece a formação do leitor e favorece uma visão mais crítica e realista sobre a atividade científica.

Sendo assim, isso nos leva a observar a tendência em todos os TDC de estabelecer essa relação dialógica entre o conhecimento científico e as demandas da sociedade. Essas demandas aparecem em questões sociais, ambientais, econômicas e/ou políticas nos textos, como no caso dos TDC 1, 3 e 4.

> O esgotamento dos combustíveis fósseis e a emissão de $CO_2$, um dos principais gases de efeito estufa, são problemas globais que demandam soluções urgentes (TDC 1, p. 6).
>
> O gás carbônico ($CO_2$), por exemplo, emitido na queima de combustíveis fósseis, contribui para o aumento da temperatura terrestre por ser um gás agravante do efeito estufa. Isso traz problemas como o derretimento de geleiras, aumento do nível do mar e mudanças climáticas. Portanto, devemos combatê-lo, reduzindo emissões de gases poluentes e usando energia limpa para proteger o futuro do planeta (TDC 3, p. 2).
>
> Os principais poluentes encontrados na água de petróleo incluem: 1. Hidrocarbonetos como: Metano, etano, benzeno, tolueno, xilenos e naftalenos. Os seus impactos podem ser tóxicos para organismos aquáticos e causar contaminação do solo e da água. 2. Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) como: Álcool benzílico, fenol e ácidos orgânicos. Eles contribuem para a poluição do ar e têm efeitos tóxicos na água (TDC 4, p. 4).

Os trechos demonstram um esforço claro de contextualizar a ciência a partir de problemáticas ambientais globais, situando a pesquisa científica como resposta a desafios contemporâneos urgentes. A menção ao esgotamento dos combustíveis

fósseis e à emissão de $CO_2$ no TDC 1, introduz o leitor a um cenário realista e alarmante, marcado por crises energéticas e ambientais. Ao fazer isso, o texto vincula diretamente a motivação da pesquisa científica a questões estruturais da sociedade contemporânea, como a dependência de combustíveis fósseis, a sustentabilidade energética e a necessidade de alternativas.

O trecho do TDC 3 aprofunda essa abordagem ao detalhar os efeitos do $CO_2$ sobre o clima, trazendo consequências tangíveis como o derretimento de geleiras, o aumento do nível do mar e mudanças climáticas. Esse tipo de contextualização aproxima a ciência da vida cotidiana e das preocupações socioambientais globais, possibilitando que o leitor compreenda porque a pesquisa científica dá enfoque sobre o reaproveitamento de $CO_2$, reforçando a dimensão política e ética do fazer científico.

O TDC 4, por sua vez, amplia o escopo das implicações ao mencionar poluentes derivados da indústria petrolífera, como hidrocarbonetos e compostos orgânicos voláteis. Ao explicitar seus impactos sobre organismos aquáticos e o meio ambiente, o texto toca em consequências ecológicas e sanitárias, sugerindo implicações econômicas (como a contaminação de recursos hídricos e o solo) e sociais (como o comprometimento da saúde pública). Além disso, ao detalhar os nomes das substâncias, o texto adota uma abordagem mais técnica, sem perder o vínculo com questões de interesse público, o que favorece o letramento científico.

Os dois trechos a seguir evidenciam como os autores dos TDC 2 e 4 conseguiram articular o conteúdo científico com dimensões mais amplas da sociedade, destacando o impacto que o desenvolvimento de tecnologias pode ter nos âmbitos econômico e político.

> Com esse reator, é possível reduzir os poluentes e gerar energia ao mesmo tempo, criando uma via de mão dupla, beneficiando o meio ambiente e girando a economia. Isso significa que, em vez de descartarmos a poluição, conseguimos transformá-la em algo útil (TDC 2, p. 5).

> Os resultados podem ter um impacto significativo no desenvolvimento de tecnologias limpas, influenciando políticas públicas voltadas para a redução de $CO_2$ e o tratamento de águas residuais (TDC 4, p. 6).

O primeiro trecho apresenta a tecnologia como uma possível solução para a indústria. Essa descrição conecta diretamente a pesquisa científica a desafios enfrentados pelo setor produtivo, sugerindo um uso prático e rentável da ciência. Além disso, ao mencionar que a tecnologia pode “girar a economia”, o trecho demonstra um entendimento de que os produtos da ciência não apenas respondem a questões

ambientais, mas também movimentam setores econômicos, criando um ciclo virtuoso entre inovação, sustentabilidade e desenvolvimento econômico.

Já o segundo trecho, amplia ainda mais essa discussão ao afirmar que os resultados da pesquisa podem influenciar políticas públicas voltadas para a redução de $CO_2$ e o tratamento de águas residuais. Aqui, a ciência é posicionada como agente de transformação social e ambiental, com potencial para subsidiar decisões políticas e regulatórias. Essa menção deixa claro que os produtos científicos não existem em um vácuo técnico, mas são parte de processos deliberativos e institucionais mais amplos, que envolvem governos, legislações e interesse público.

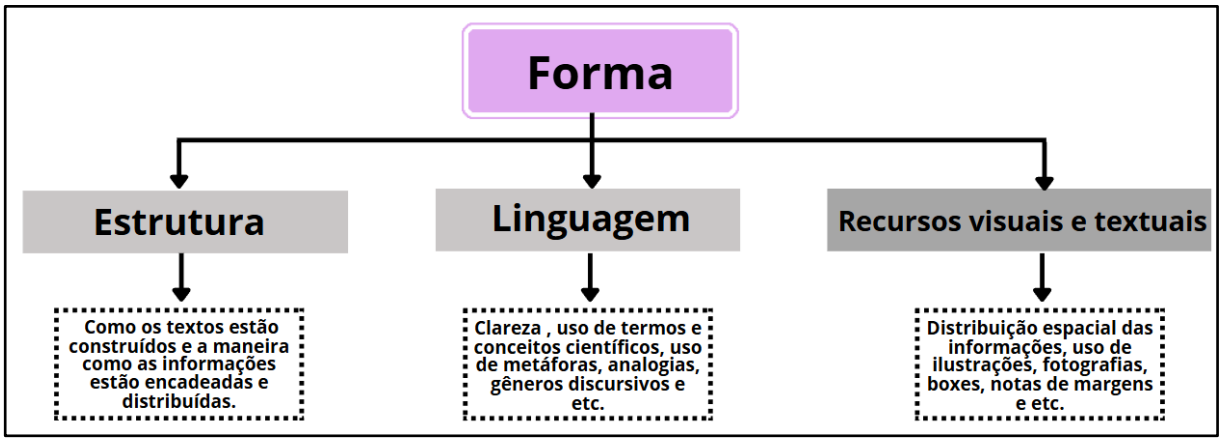
Mais do que apresentar os resultados ou os fundamentos teóricos de uma pesquisa, os TDC analisados revelam uma preocupação em situar a ciência em diálogo com a sociedade.

Os textos estabelecem conexões claras entre os avanços científicos e os desafios econômicos, ambientais e políticos da atualidade, evidenciando como a ciência pode contribuir para enfrentar problemas concretos. Essa contextualização amplia o sentido do conhecimento científico, ao evidenciar sua aplicabilidade e relevância social. Com isso, passamos agora à próxima subseção, voltando o olhar para a "forma" dos TDC.

### 5.2.2 Elementos e características do TDC em relação à forma

Nesta seção foram analisadas as características e elementos presentes no TDC quanto a sua forma, que está subdividida em *I)* estrutura; *II)* linguagem e; *III) recursos visuais e textuais.* A Figura 12 apresenta um esquema que sintetiza essa ferramenta de análise quanto à forma.

**Figura 12 -** Esquema para análise do TDC abrangendo a análise do conteúdo.



**Fonte:** Elaboração própria.

A primeira delas é a *estrutura*, que diz respeito à maneira como as informações foram organizadas e distribuídas ao longo do texto. Para isso, iniciamos com uma análise descritiva da estrutura de cada TDC, com o objetivo de, posteriormente, aprofundar as inferências e discussões sobre as estratégias adotadas pelos autores na organização e apresentação das informações ao longo do texto.

O TDC 1 é estruturado de forma que os textos são separados por meio de perguntas, ou seja, cada segmento do texto, que está muito bem alinhado com os outros. É criado de maneira a responder uma pergunta geral que se apresenta em forma de subtítulo em cada parte. Ao todo, foram seis blocos de conteúdos distribuídos em 7 páginas.

O TDC 2, segue o mesmo padrão, apresentando um texto de 7 páginas, segmentado em 4 tópicos, alguns utilizando perguntas para separar um texto corrido, e outros utilizando perguntas para “linkar” partes do texto. Assim como o texto anterior, os segmentos não podem ser entendidos separadamente, e cada título, sendo ele em forma de pergunta ou afirmação, atrai a atenção do leitor para a continuidade da leitura, em meio aos boxes explicativos e imagens.

O TDC 3, por sua vez, separa o texto em mais de 15 boxes explicativos incluídos em um texto de 8 páginas, que de início pode passar a ideia de uma segregação excessiva de textos. Porém, todos os boxes ou segmentos do texto são interligados por títulos chamativos e acompanhados de imagens que se complementam com os textos de forma indispensável. Esse método mais ousado fornece um texto mais segregado, porém mais dinâmico, que tenta ao máximo não cansar o leitor com um texto corrido, em um tema que é um tanto específico e aprofundado. Cada box explicativo e imagem interligada oferece uma leveza ao texto que conta com uma característica boa, no ponto de vista de instigar o leitor a continuar a leitura.

Por fim, o último TDC, divide o texto de 7 páginas entre textos corridos e boxes explicativos, todos separados por apenas quatro grandes títulos, o que traz uma leitura fluida, sem interrupções, mas ao mesmo tem não a torna cansativa, pela presença das imagens e boxes explicativos, quando estes são necessários.

A análise da estrutura de todos os textos evidencia um cuidado significativo com a organização e progressão das informações, demonstrando uma

intencionalidade clara na construção textual voltada à comunicação com o público. Todos os textos seguem um padrão inicial comum, composto por uma capa autoral, uma contra-capa padronizada com a identidade visual do projeto, além de seções finais que incluem os referenciais teóricos utilizados e os agradecimentos.

Quanto ao corpo dos textos, diferentes estratégias foram adotadas para distribuir o conteúdo: o uso de perguntas como subtítulos, boxes explicativos e imagens complementares aparece como uma constante, ainda que com variações entre os TDC. Mesmo nos textos mais segmentados, percebe-se uma coesão interna marcada pela progressividade temática e pelo diálogo contínuo com o leitor, o que evita a fragmentação do conteúdo. Os títulos, frequentemente formulados em tom provocativo ou interrogativo, funcionam como ganchos para a continuidade da leitura e reforçam a interlocução com o público.

Assim, a estrutura dos TDC revela não apenas uma preocupação com a organização estética e informativa, mas também com a experiência de leitura e a formação do leitor como sujeito capaz de compreender, questionar e se envolver com temas científicos. Essas escolhas estruturais refletem, portanto, um compromisso com a clareza, o engajamento e a democratização do conhecimento científico.

No que diz respeito à *linguagem*, os textos foram desenvolvidos utilizando sempre uma linguagem clara e acessível, focada no público alvo escolhido, que é o público adolescente. O desenvolvimento do conteúdo foi pautado com base nos conhecimentos prévios dos alunos do ensino médio. Apesar disso, em momentos que termos técnicos não puderam ser evitados, foram devidamente “traduzidos” e explicados. Essa preocupação com o entendimento do público alvo é exemplificada nos seguintes trechos.

> Para isso, precisamos conhecer mais alguns termos da eletroquímica: célula eletroquímica e as reações de redução e oxidação, que ocorrem em seu interior quando há a presença de luz e eletricidade! (TDC 1, p. 5).
>
> Eletrodo: Componente que conduz corrente elétrica em sistemas que geram ou consomem energia (TDC 2, p. 4).
>
> O álcool benzílico é um composto presente na água poluída, sendo de grande risco consumir e entrar em contato; é um poluente difícil de remover, como as substâncias tóxicas liberadas por algumas indústrias (TDC 3, p. 5).
>
> O compartimento fotoanódico é a parte de um reator onde a luz ajuda a iniciar reações químicas. Um material especial chamado fotoanodo absorve a luz e gera elétrons, que podem quebrar poluentes ou transformar substâncias como o $CO_2$ em combustíveis (TDC 4, p. 5).

Além disso, pode-se notar recorrentes usos de analogias para auxiliar o entendimento do leitor, comparando algo mais complexo que precisa ser entendido. Essa característica pode ser observada no exemplo abaixo.

> Lembram-se da fotossíntese? Pois bem, naquele processo as transformações químicas ocorrem nas folhas das plantas. No entanto, nos laboratórios, as reações químicas estudadas pelos pesquisadores ocorrem em recipientes conhecidos como células eletroquímicas (TDC 1, p. 5).

Neste momento, é utilizada a fotossíntese, termo que os alunos do ensino médio já são bem familiarizados e aprenderam em anos anteriores, para explicar o funcionamento das células eletroquímicas. Assim, os autores conseguem explicar as que da mesma maneira que acontecem reações químicas dentro de uma folha para que ela se mantenha viva, reações químicas acontecem dentro de células eletroquímicas para obter os produtos desejados.

De maneira análoga à situação anterior, outro texto faz uma comparação, um recurso muito utilizado em TDC para garantir sua qualidade, como vemos no trecho a seguir.

> Um exemplo de reação de oxirredução é a fotossíntese, que envolve, de modo geral, o processo de conversão de gás carbônico para oxigênio realizado pelas plantas, conforme ilustrado (TDC 2, p. 3).

Observa-se que os autores, neste momento, comparam a reação da fotossíntese com a reação de oxirredução, sendo que ambas utilizam o gás carbônico como reagente de suas reações. Isso traz o conteúdo da eletroquímica, que pode parecer distante ao leitor, para algo mais próximo de seu conhecimento. De maneira parecida, o trecho do TDC 3 demonstra a utilização de estratégias discursivas com o intuito de aproximação do leitor com o texto, por meio de utilização de aspas.

> Pela primeira vez é possível ter um reator que funcione como um “filtro duplo”, limpando poluentes e gerando combustíveis simultaneamente (TDC 3, p. 5).

Sendo assim, a linguagem dos TDC analisados revela um cuidado em tornar o conteúdo científico acessível e interessante ao público adolescente. Os autores utilizaram uma escrita clara e adaptada ao nível de conhecimento dos estudantes, explicando termos técnicos sempre que necessário. Recorrem ainda a analogias e comparações com situações do cotidiano, facilitando a compreensão e a aproximação do leitor com o tema. Assim, os textos cumprem seu papel de divulgar a ciência de forma envolvente, sem perder a precisão conceitual.

Uma maneira bastante utilizada para facilitar o entendimento do leitor de alguns termos e técnicas foi a utilização de imagens e boxes. Foi o que todos os autores fizeram, permitindo que fizéssemos uma análise dos *Recursos visuais e textuais,* O TDC 1 conta com três ilustrações e duas fotografias, utilizadas de forma estratégica para favorecer a compreensão do conteúdo e ampliar o impacto da proposta de divulgação científica.

A primeira imagem (Figura 13) é uma ilustração explicativa sobre a absorção da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, que evidencia como os gases do efeito estufa impedem que o calor escape para o espaço. A figura cumpre a função de complementar o texto, que traz explicações mais detalhadas sobre o fenômeno, e reforça a problemática ambiental discutida no início do TDC.

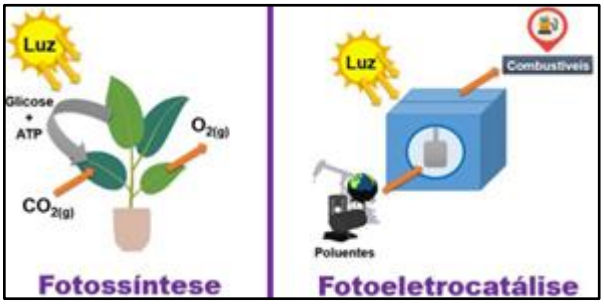
**Figura 13 -** Exemplificação do efeito estufa.




**Fonte:** TDC 1, p 2.

Em seguida, o texto faz uso de uma analogia entre a fotossíntese e a fotocatálise, também representada visualmente por meio de uma ilustração comparativa (Figura 14). A imagem apresenta elementos semelhantes entre os dois processos, como o uso da luz, mas também evidencia suas diferenças, oferecendo ao leitor um recurso visual seguro e bem estruturado para distinguir os conceitos, evitando confusões comuns e obstáculos epistemológicos.

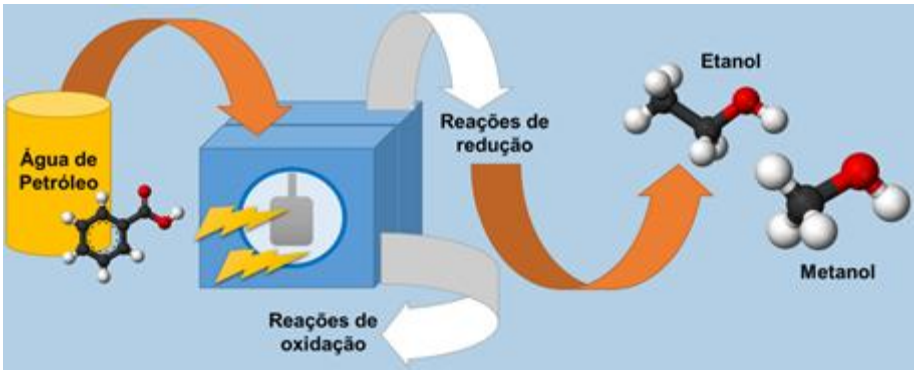
**Figura 14 -** Comparação entre fotossíntese e eletrocatálise.




**Fonte:** TDC 1, p 4.

A próxima ilustração (Figura 15) é um esquema racional que detalha, de forma didática e sequencial, todo o processo de transformação dos contaminantes da água de petróleo até a obtenção de metanol e etanol. As moléculas dos produtos finais já aparecem representadas na imagem, e as setas indicam claramente o caminho das reações, tornando o processo mais visual e acessível para o leitor.

**Figura 15 -** Esquema reacional de todo o processo da pesquisa.




**Fonte:** TDC 1, p 5.

Por fim, o TDC apresenta uma fotografia (Figura 16) real tirada no laboratório, que mostra como ocorre a deposição do óxido de titânio no eletrodo. Ao utilizar essa imagem, os autores reforçam o caráter realista e prático da ciência, permitindo que o leitor visualize o componente mencionado no texto e se aproxime do universo experimental, saindo do campo puramente imaginativo.

**Figura 16 –** Deposição do óxido de titânio no eletrodo.

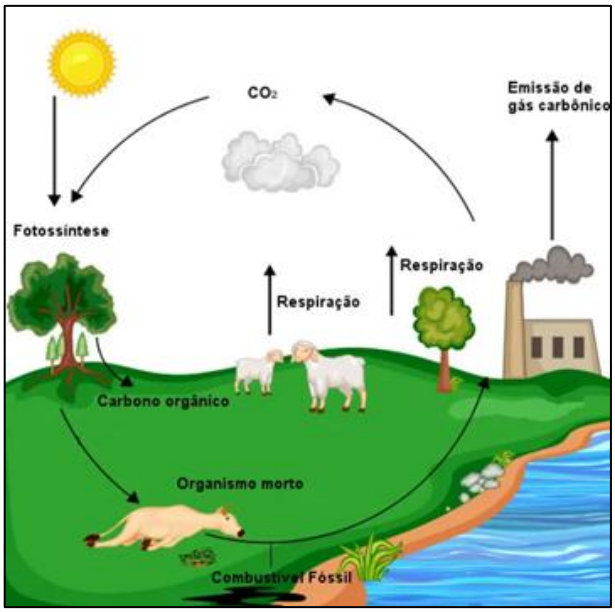



**Fonte:** TDC 1, p 6.

O TDC 2 apresenta um total de oito ilustrações e uma fotografia, utilizadas de maneira estratégica para facilitar a compreensão do conteúdo e tornar o texto mais leve e visualmente dinâmico.

A primeira imagem é uma ilustração que apresenta todo o ciclo do carbono, funcionando como um recurso visual importante para quebrar o texto corrido e acompanhar a explicação do processo descrito. Essa ilustração (Figura 17) atua como suporte didático, tornando a ideia e o conhecimento do que é esse ciclo mais acessível ao público.

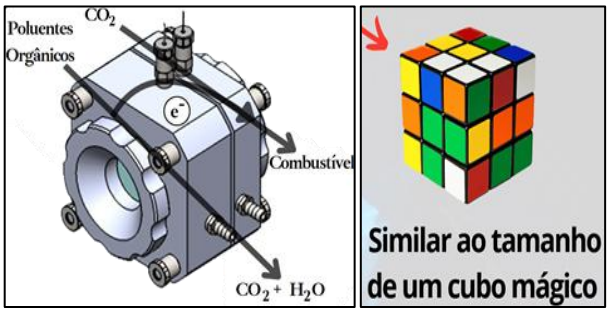
**Figura 17 -** Exemplificação do ciclo do carbono.




**Fonte:** TDC 2, p 2.

Em seguida, duas imagens se destacam por ilustrar diretamente o reator onde ocorre a reação de oxirredução. A primeira traz uma representação detalhada do reator com seus dois compartimentos: em um lado, os poluentes orgânicos são consumidos e transformados em gás carbônico; no outro, esse $CO_2$ é utilizado para a produção de combustível. A segunda imagem utiliza um cubo mágico como analogia para o tamanho do reator, oferecendo ao leitor uma forma criativa e concreta de dimensionar o equipamento. Juntas, essas figuras complementam a explicação textual, tornando o conceito de reator mais palpável e compreensível, como pode se observar na Figura 18.

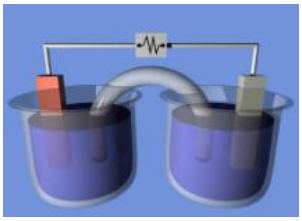
**Figura 18 -** Representação do reator utilizado na pesquisa e cubo mágico utilizado como analogia, à direita e à esquerda, respectivamente.




**Fonte:** TDC 2, p 3 e 4.

Ainda tratando de conceitos fundamentais, o TDC traz uma ilustração (Figura 19) de uma pilha eletroquímica, semelhante àquela comumente apresentada no ensino médio que demonstra dois béqueres conectados por uma ponte salina, com os eletrodos gerando corrente elétrica. Essa figura funciona como uma ponte entre o conhecimento escolar e a pesquisa científica abordada no texto, promovendo uma ancoragem didática relevante.

**Figura 19 -** Representação de uma pilha eletroquímica.

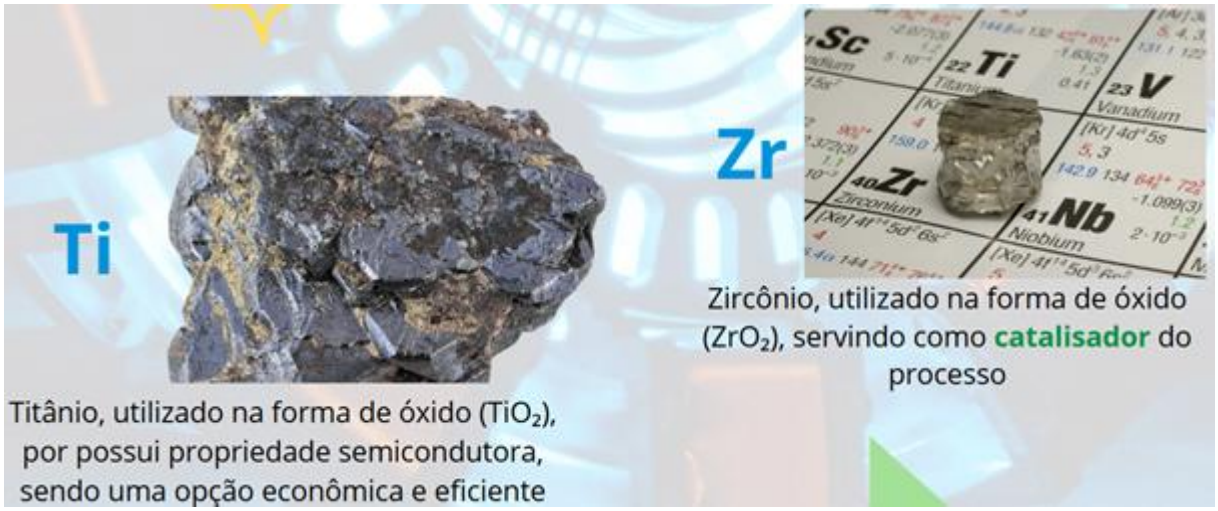


**Fonte:** TDC 2, p 4.

Duas outras imagens (Figura 20) são utilizadas para identificar os elementos químicos zircônio (Zr) e titânio (Ti), mostrando-os em suas formas sólidas. Uma delas

traz o zircônio posicionado sobre seu nome na tabela periódica, com o objetivo de reforçar a ideia de que se trata de um elemento químico. Essas imagens, embora simples, têm valor formativo ao estabelecer relações entre os materiais utilizados e os conhecimentos da tabela periódica.

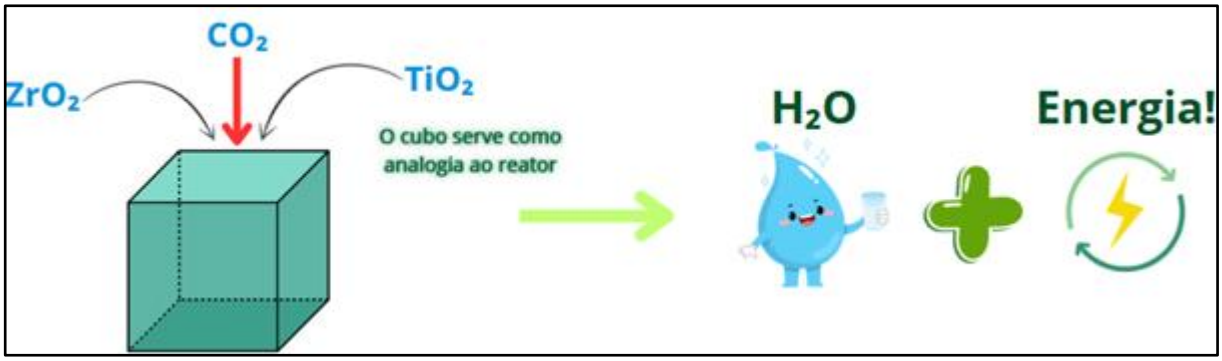
**Figura 20 -** Representação dos elementos titânio (Ti) e zircônio (Zr), respectivamente.




**Fonte:** TDC 2, p 4.

Posteriormente, uma ilustração (Figura 21) em forma de cubo animado retoma a ideia do reator, já apresentado anteriormente, para desenvolver uma analogia mais leve e lúdica sobre como as reações ocorrem em seu interior. Essa figura aproveita o repertório visual construído ao longo do TDC, estimulando o aluno a ativar a memória recente e interpretar o conceito de forma criativa.

**Figura 21 -** Representação dos elementos titânio (Ti) e zircônio (Zr), respectivamente.

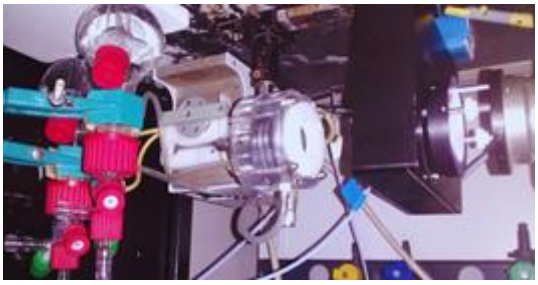



**Fonte:** TDC 2, p 5.

O TDC também oferece uma fotografia real (Figura 22) do sistema e do próprio reator, capturada pelos próprios autores. Essa imagem contribui para aproximar o

leitor da realidade experimental da pesquisa. Ela possui potencial de conferir maior credibilidade e autenticidade ao conteúdo apresentado.

**Figura 22 -** Sistema e reator utilizados na pesquisa.



**Fonte:** TDC 2, p 4.

Na reta final, o TDC apresenta uma imagem que oferece uma visão geral de toda a pesquisa, ilustrando desde a atuação da radiação nos eletrodos até a conversão do $CO_2$ em combustível. A linguagem visual escolhida é leve e simplificada, facilitando o entendimento de um processo complexo por parte de leitores não especializados. Em seguida, uma imagem simbólica encerra o TDC com uma fotografia de duas mãos se apertando (uma representando um ser humano e a outra, a "mãe natureza"). Essa representação reforça o viés sustentável da pesquisa, transmitindo de forma emocional a ideia de uma relação harmoniosa entre ciência e meio ambiente, ambas as ilustrações e fotografias são mostradas na Figura 23.

**Figura 23 -** Esquematização geral de toda a pesquisa e representação lúdica do ser humano "fazendo as pazes" com a mãe natureza, respectivamente.




**Fonte:** TDC 2, p 5.

O TDC 3 conta com um total de quatro fotografias e duas ilustrações, cuidadosamente selecionadas para compor a narrativa visual do texto. A primeira imagem apresentada é a fotografia do grupo de pesquisa responsável pelo artigo-base, o que contribui para evidenciar a multiplicidade de membros e reforçar a ideia

de que a ciência é uma construção coletiva, e não o esforço isolado de um único pesquisador.

Na sequência, o TDC apresenta um conjunto de três imagens que ilustram os impactos visíveis do aquecimento global, como florestas queimando, geleiras derretendo e enchentes. Em seguida, mais duas fotografias trazem cenas de poluição hídrica e emissão de gases por indústrias. Essas imagens podem ser observadas na Figura 24.

**Figura 24 -** Impactos do aquecimento global.



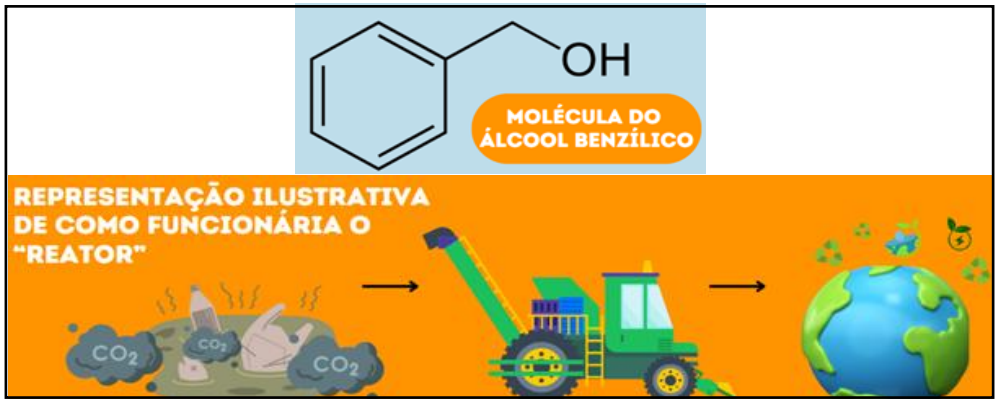

**Fonte:** TDC 3, p 3.

Esse conjunto visual reforça a preocupação ecológica que permeia o texto e antecipa a problemática ambiental que a pesquisa busca minimizar. Percebe-se que os autores adotam um apelo visual e textual forte, apresentando os desafios ambientais antes de introduzir a proposta científica, o que cria um contraste intencional entre problema e solução.

Mais adiante, é apresentada uma ilustração da molécula do álcool benzílico, relembrando conhecimentos prévios dos alunos e favorecendo o reconhecimento de conceitos químicos já trabalhados em sala. Em complemento, uma representação lúdica compara o funcionamento do reator a um “trator” que atua sobre o meio ambiente, sugerindo que o sistema é capaz de reutilizar o $CO_2$ e contribuir para sua redução. A metáfora visual facilita a compreensão do processo, tornando o conceito

mais acessível para leitores não familiarizados com a linguagem técnico-científica. As duas figuras podem ser vistas na Figura 25.

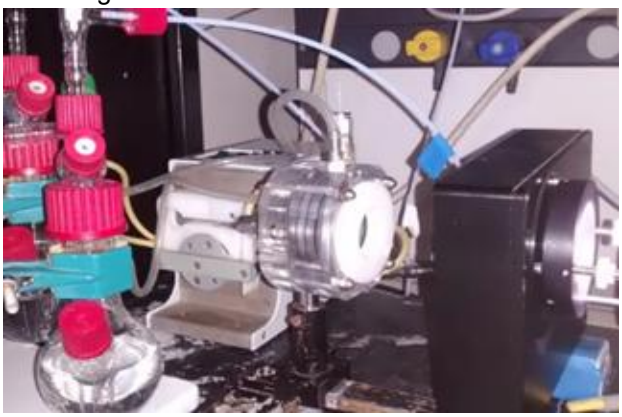
**Figura 25 -** ilustração da molécula do álcool benzílico e esquema de comparação do funcionamento do reator a um “trator”.




**Fonte:** TDC 3, p 4 e 5.

Por fim, assim como nos TDCs anteriores, é incluída uma fotografia real (Figura 26) do reator e de seu sistema completo, oferecendo ao leitor uma visão concreta da pesquisa desenvolvida e promovendo maior autenticidade ao conteúdo apresentado.

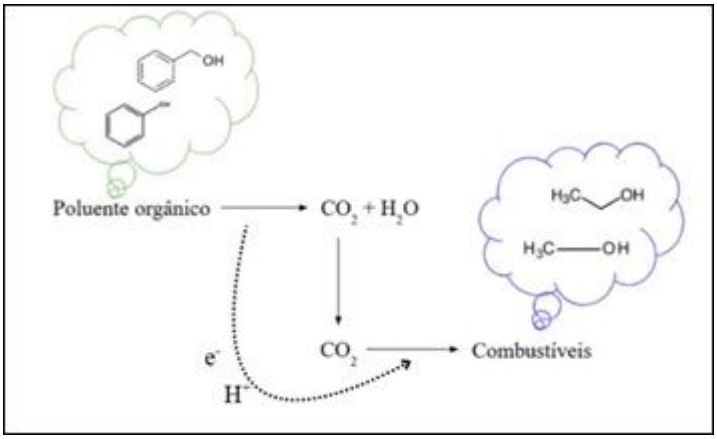
**Figura 26 -** Figura real do reator e sistema utilizados na reação.



**Fonte:** TDC 3, p 5.

O TDC 4 conta com 5 ilustrações e uma fotografia. Sendo que a primeira (Figura 27) é utilizada para demonstrar a conversão de compostos poluentes em combustíveis.

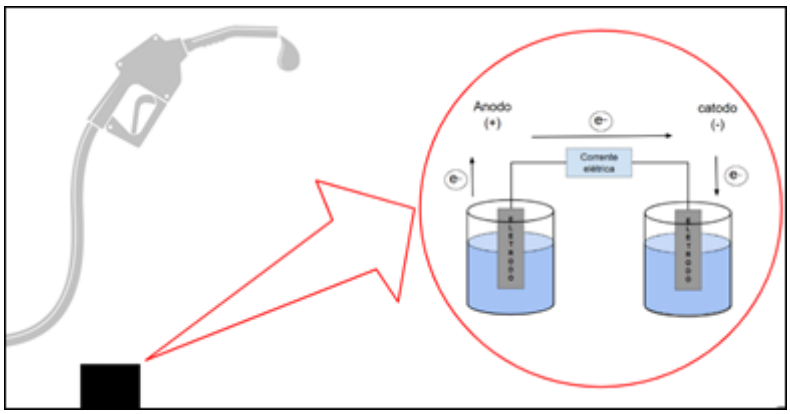
**Figura 27 -** Exemplificação da reação de oxirredução no reator.




**Fonte:** TDC 4, p 2.

Essa imagem é utilizada como um ótimo recurso visual, uma vez que é utilizada para descrever a reação de forma lúdica, mas sem deixar de apresentar as estruturas químicas de cada molécula envolvida na reação. Seguindo no mesmo TDC, a Figura 28 é utilizada para relembrar o leitor de conteúdo previamente visto, que é o conceito de “pilhas”, demonstrando o experimento que é sempre apresentado ou até mesmo realizado no ensino médio para aprendizagem desse conteúdo. Essa imagem auxilia como uma demonstração de que as reações acontecem desta maneira, porém agora postas não mais em béqueres, dentro do reator.

**Figura 28 -** Exemplificação do conceito de “pilha”.




**Fonte:** TDC 4, p 3.

Após a explicação para trazer clareza ao aluno do que acontece dentro do reator, a Figura 29 complementa a compreensão. E para finalizar, o TDC 4 também traz a fotografia do grupo de pesquisa ao qual pertence o artigo que foi baseado no seu texto.

**Figura 29 -** Exemplificação do reator e da reação.




**Fonte:** TDC 4, p 5.

Até este momento, foram analisados os recursos imagéticos presentes nos TDC, destacando-se o uso estratégico de ilustrações e fotografias para favorecer a compreensão do conteúdo científico e aproximar o leitor dos conceitos e experimentos abordados. Observou-se que as imagens cumprem papéis variados, desde o reforço da explicação textual até o apelo visual para questões ambientais e o realismo da prática científica, além de promoverem analogias bem estruturadas e acessíveis. A seguir, foram analisados os demais recursos textuais presentes nos TDC, com foco especial nos boxes explicativos, que também contribuem para tornar o texto mais didático, atrativo e formativo.

Os boxes explicativos presentes no TDC 1 cumprem uma função central na mediação do conteúdo científico, oferecendo paradas estratégicas no texto para aprofundar conceitos que são essenciais para a compreensão do tema principal, mas que poderiam comprometer a fluidez do texto se estivessem inseridos diretamente na narrativa.

O primeiro box, intitulado *"O que é o Aquecimento Global?"*, contextualiza o leitor sobre a problemática ambiental que justifica o desenvolvimento da pesquisa abordada, relacionando-a diretamente ao cotidiano por meio de uma linguagem clara e acessível. Essa abordagem já estabelece um vínculo com a dimensão sociopolítica da ciência e prepara o terreno para o entendimento da proposta tecnológica, como observa-se na Figura 30.

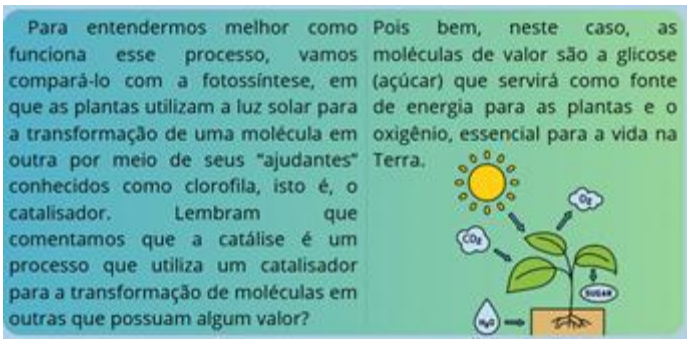
**Figura 30 -** Box informativo do TDC 1.




**Fonte:** TDC 1, p 5.

O segundo box (Figura 31) propõe uma analogia com a fotossíntese, processo com o qual muitos alunos já estão familiarizados, facilitando a compreensão da fotocatálise. Ao evidenciar a presença de um “ajudante” (catalisador) em ambos os processos, o texto favorece a construção de pontes cognitivas, sem deixar de diferenciar os fenômenos de forma cuidadosa, o que é essencial para evitar confusões conceituais.

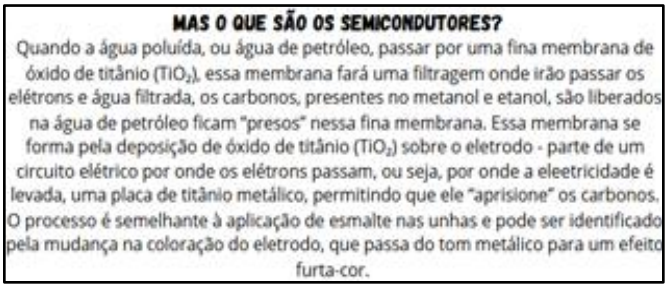
**Figura 31 -** Box informativo do TDC 1.




**Fonte:** TDC 1, p 4.

Por fim, o terceiro box (Figura 32) traz uma explicação mais técnica sobre o funcionamento dos semicondutores e da membrana de dióxido de titânio, traduzindo um processo complexo em uma linguagem acessível e com um exemplo do cotidiano, a aplicação de esmalte, que favorece a visualização do fenômeno. Essa escolha de analogia sensível à experiência do leitor reforça o caráter formativo do TDC, tornando os conhecimentos científicos mais tangíveis e despertando maior interesse pelo conteúdo abordado.

**Figura 32 -** Box informativo do TDC 1

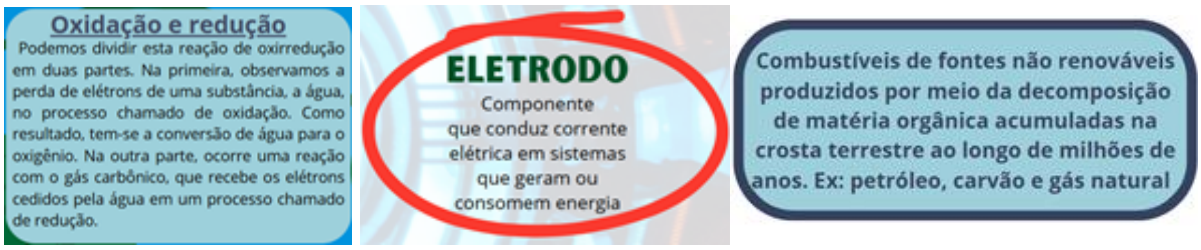



**Fonte:** TDC 1, p 6.

O TDC 2 utiliza boxes explicativos como importantes estratégias para reforçar e esclarecer conceitos fundamentais que sustentam a compreensão do funcionamento do reator e da proposta científica apresentada. Os boxes abordam temas como combustíveis fósseis, explicando que são fontes não renováveis derivadas da decomposição de matéria orgânica ao longo de milhões de anos — o que já posiciona o problema ambiental discutido.

Em seguida, os boxes que tratam de oxidação e redução oferecem uma explicação didática da reação de oxirredução, desmembrando o processo em duas partes: a oxidação da água e a redução do $CO_2$, reforçando o caminho da conversão em combustíveis. Há também um box dedicado ao eletrodo, que simplifica o entendimento do papel desse componente como condutor de corrente elétrica, algo essencial para a compreensão do funcionamento do reator. Todos os boxes estão demonstrados da Figura 33.

**Figura 33 -** Boxes informativos do TDC 2.



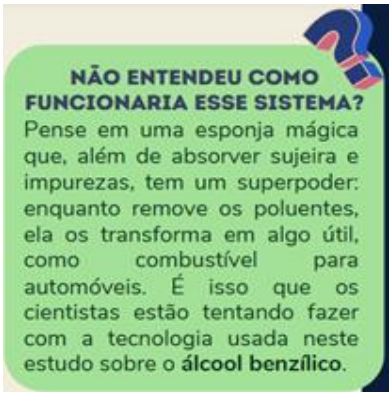

**Fonte:** TDC 2, p 2,3 e 4.

Todos esses boxes atuam como apoios visuais e conceituais, oferecendo pausas explicativas ao longo do texto, ajudando na fixação dos conteúdos e facilitando a compreensão de termos técnicos pelos leitores, especialmente aqueles em formação.

O TDC 3 se destaca pelo uso abundante e criativo de boxes explicativos, que cumprem papel essencial tanto na mediação cognitiva quanto na formação de vínculo

com o leitor. O primeiro box (Figura 34) já evidencia isso ao iniciar com a pergunta direta *"Não entendeu como funcionaria esse sistema?"*, adotando uma linguagem próxima e convidativa. A analogia com uma "esponja mágica" é particularmente eficaz para transformar um processo técnico — a fotoeletrocatálise — em algo visual e compreensível, reduzindo a sensação de estranhamento diante da linguagem científica.

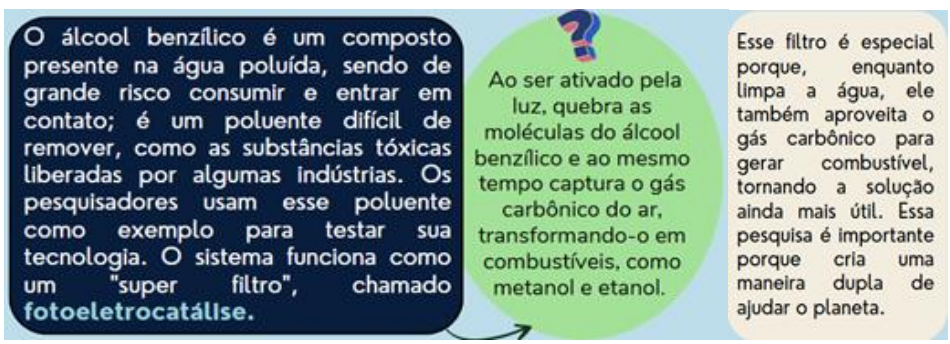
**Figura 34 -** Box informativo do TDC 3.




**Fonte:** TDC 3, p 3.

Outros boxes seguem nessa linha, explicando o funcionamento do sistema de forma sequencial e didática. Por exemplo, o box que detalha como o sistema atua simultaneamente na purificação da água poluída e na transformação de $CO_2$ em combustíveis oferece uma síntese clara da inovação tecnológica, valorizando o impacto ecológico da pesquisa. O box que faz o uso de expressões como "super filtro" e "maneira dupla de ajudar o planeta" reforça o engajamento afetivo, além de apontar a aplicabilidade e relevância social da ciência. E também o box sobre o álcool benzílico, os eletrodos e a célula eletroquímica se unem para construir uma narrativa explicativa robusta, mantendo o foco na clareza e na formação científica do leitor. Ambos podem ser observados na Figura 35.

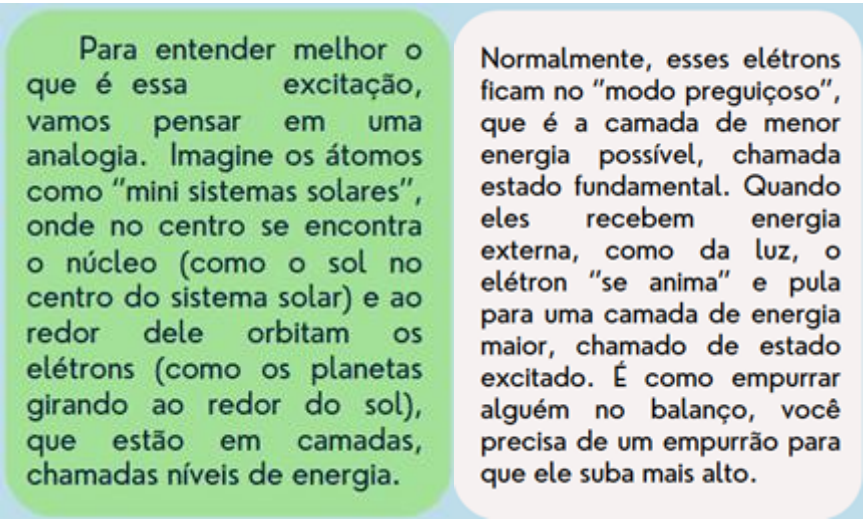
**Figura 35 -** Boxes informativos do TDC 3.



**Fonte:** TDC 3, p 4.

A explicação sobre os elétrons excitados, com a analogia do “sistema solar” e do “empurrão no balanço”, também se mostra um exemplo sofisticado de tradução de conceitos abstratos para imagens mentais familiares, facilitando a compreensão sem sacrificar o rigor conceitual. Exemplo é mostrado nos boxes da Figura 36.

**Figura 36 -** Boxes informativos do TDC 3.




**Fonte:** TDC 3, p 3.

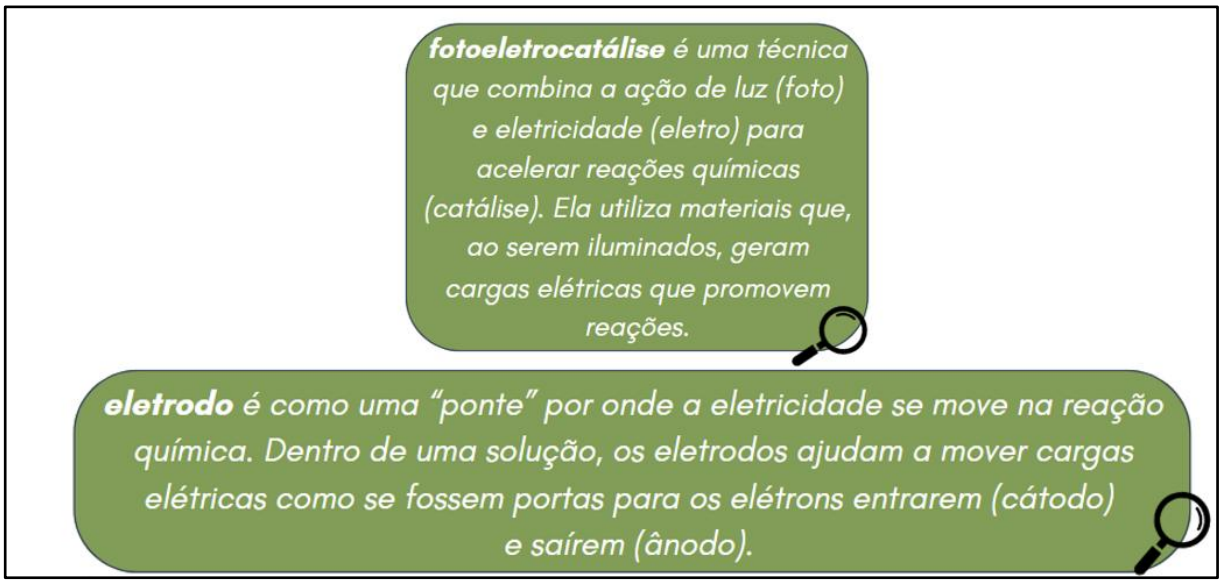
Em conjunto, os boxes do TDC 3 revelam uma preocupação clara com a compreensão progressiva, respeitando o tempo de assimilação do público e usando estratégias variadas de analogia, questionamento e exemplificação. Essa pluralidade torna o texto não apenas mais acessível, mas também mais formativo, desenvolvendo a capacidade do aluno de compreender a ciência em seus múltiplos níveis de complexidade.

Os boxes explicativos do TDC 4 trazem uma abordagem mais direta e concisa, com foco na introdução de termos técnicos fundamentais para entender a tecnologia apresentada. Mesmo utilizando, em alguns momentos, uma linguagem mais próxima da usada na ciência, esses termos são sempre explicados de maneira clara, ainda que com menos uso de analogias ou comparações lúdicas, como vimos em TDCs anteriores.

Por exemplo, o conceito de fotoeletrocatálise é apresentado de forma objetiva, conectando os elementos da palavra (“foto”, “eletro” e “catálise”) com o funcionamento do processo. A explicação do eletrodo como uma "ponte" pela qual a eletricidade se

move é uma metáfora simples que facilita a compreensão, mesmo usando vocabulário mais técnico. Ambos são mostrados na Figura 37.

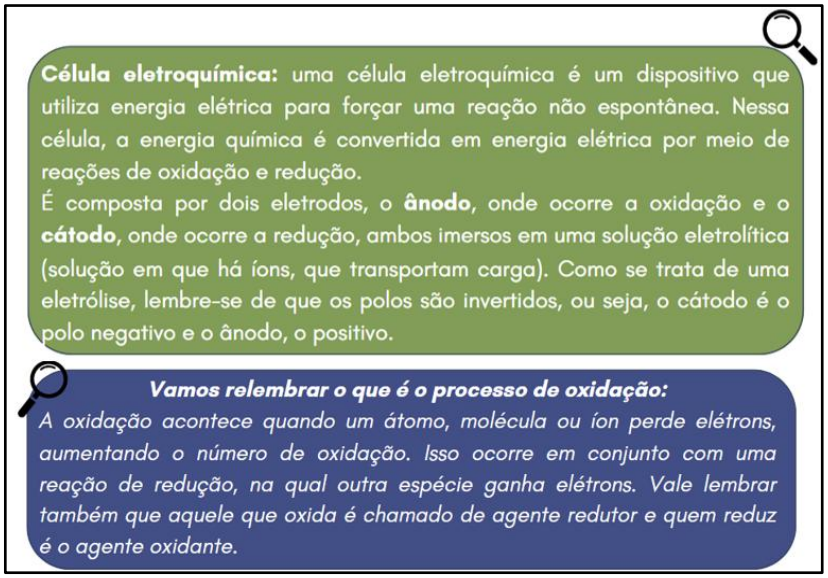
**Figura 37 -** Boxes informativos do TDC 4.




**Fonte:** TDC 4, p 2.

O box sobre oxidação e redução retoma conceitos comuns do ensino médio, mas já os articula com termos como "agente redutor" e "agente oxidante", o que contribui para a familiarização dos alunos com a linguagem científica formal, sempre mantendo a clareza. A explicação da célula eletroquímica traz um nível de detalhamento maior, mas ainda assim acessível. Ao mencionar, por exemplo, a inversão dos polos em processos de eletrólise, o texto ajuda o leitor a compreender uma nuance importante do funcionamento do sistema, sem tornar a leitura pesada ou inacessível (Figura 38).

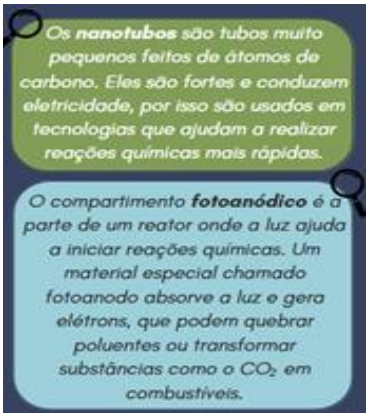
**Figura 38 -** Boxes informativos do TDC 4.




**Fonte:** TDC 4, p 2 e 3.

Os boxes (Figura 39) sobre nanotubos de carbono e o compartimento fotoanódico ampliam o repertório tecnológico dos alunos, explicando como esses materiais contribuem para reações químicas eficientes e sustentáveis. Tudo isso reforça a importância da pesquisa tanto do ponto de vista ambiental quanto do avanço científico.

**Figura 39 -** Boxes informativos do TDC 4.




**Fonte:** TDC 4, p 5.

Assim, mesmo com uma linguagem mais técnica, o TDC 4 consegue manter o compromisso com a compreensão do leitor, formando não apenas alguém que entenda o processo, mas que também se familiarize com os termos científicos usados no ensino médio e no início da graduação.

Encerrando a análise dos boxes informativos presentes nos quatro TDC produzidos, é possível reconhecer como esses elementos, juntamente com os demais

aspectos estruturais, contribuem de forma decisiva para distanciar os textos do modelo científico tradicional. A presença de recursos como títulos impactantes, imagens ilustrativas e os próprios boxes, que organizam e destacam informações relevantes, aponta para uma tentativa consciente de tornar a leitura mais fluida, atraente e próxima do leitor não especializado.

Essa mudança não se restringe a ajustes pontuais de linguagem, mas revela um esforço de ressignificação do discurso acadêmico, marcando uma ruptura com a rigidez formal e impessoal que costuma caracterizar os textos científicos. Ainda que certas marcas do discurso fonte permaneçam, compreensivelmente, dado o histórico formativo dos autores, é evidente que os TDC apresentam um movimento intencional em direção à construção de um texto mais acessível, dialogal e sensível ao seu público.

Essa adequação manifesta-se, sobretudo, na clareza da linguagem empregada, cuidadosamente adaptada para garantir a compreensão de leitores com diferentes níveis de conhecimento científico. O uso de estratégias comunicativas — como a organização visual por meio dos boxes informativos, a escolha de imagens que complementam e exemplificam o conteúdo, e a seleção criteriosa de termos — evidencia o domínio progressivo das ferramentas de DC por parte dos estudantes. Esses recursos, alinhados à preocupação com o público-alvo, revelam a consolidação das competências de DC desenvolvidas ao longo do projeto, comprovando que os textos vão além da simples transposição do conteúdo científico, alcançando efetivamente a função social da comunicação: dialogar e engajar.

Ao longo da análise, ficou claro que essa transição envolve mais do que escolhas estilísticas, trata-se de um exercício formativo que desafia concepções arraigadas sobre o que significa comunicar ciência. Os boxes informativos, nesse contexto, não apenas organizam o conteúdo, mas simbolizam esse deslocamento discursivo, atuando como uma espécie de ponte entre o rigor da ciência e o cuidado comunicativo com o leitor. Assim, concluímos que a forma adotada nos TDC analisados representa um dos principais indícios do desenvolvimento de competências de DC pelos petianos, revelando avanços significativos em direção a uma comunicação mais aberta, envolvente e significativa.

## 5.3 Concretização dos Princípios de *Design* na Formação de alunos para o desenvolvimento de DC

Como discutido ao longo deste trabalho, o processo de formação dos petianos para o desenvolvimento de DC, foi guiado por um conjunto de princípios de *design* que buscavam garantir uma experiência formativa interdisciplinar, crítica e comunicativamente comprometida. A análise das reuniões transcritas, bem como dos TDC produzidos, permite evidenciar de que maneira esses princípios se concretizaram ao longo da implementação da proposta.

### Princípio da Formação por meio da Divulgação Científica

A produção dos TDCs foi concebida como uma prática formativa, que exigia não apenas o domínio conceitual dos conteúdos científicos, mas também uma leitura crítica dos materiais de apoio, a apropriação de estratégias discursivas e a tomada de decisões quanto ao modo de se dirigir a públicos não especializados. As falas dos petianos ao longo das reuniões revelam esse movimento formativo, no qual os alunos passaram a refletir não só sobre o que comunicar, mas também sobre como e por que comunicar ciência.

Ao serem desafiados a adequar sua linguagem, escolher recursos visuais e justificar suas escolhas de organização textual, os estudantes evidenciaram o desenvolvimento de competências ligadas à DC, consolidando-se enquanto autores capazes de posicionar-se frente ao público. Essa formação se deu de maneira processual, sendo alimentada pelas discussões coletivas, pelos *feedbacks* recebidos e pela reescrita dos textos, prática que se mostrou essencial para o amadurecimento das produções.

Esse movimento formativo se refletiu diretamente nos TDC elaborados, que passaram a apresentar estruturas textuais mais intencionais, com uso consciente de estratégias como comparações acessíveis, simplificação sem perda de rigor e escolhas vocabulares orientadas para o público-alvo. Além disso, notou-se uma progressiva valorização do aspecto argumentativo e da inserção crítica da ciência na sociedade, demonstrando que os textos não apenas informavam, mas também dialogavam com os leitores.

### Princípio da Interdisciplinaridade

Outro eixo fundamental do *design* foi a promoção de um diálogo entre saberes distintos, especialmente entre química, DC e educação, o que se evidenciou tanto na condução das atividades quanto nos próprios TDC. A compreensão de que comunicar ciência exige mais do que traduzir tecnicamente um conteúdo fez com que os petianos buscassem formas de integrar diferentes áreas do conhecimento. As análises dos textos revelam o uso de analogias, metáforas, boxes explicativos, imagens ilustrativas e outros recursos didatizantes que exigiram uma articulação entre o conhecimento químico e estratégias pedagógico-comunicacionais.

Além das evidências textuais, o próprio arranjo institucional e colaborativo que estruturou o projeto revela a materialização do princípio da interdisciplinaridade. A proposta foi viabilizada por meio da articulação entre três grupos consolidados da universidade: o grupo *Electron*, responsável pela pesquisa de base científica com ênfase em reações redox como propósitos de apelo ambiental; o grupo PET-Química, inserido no contexto de educação tutorial, voltado para ações de comunicação com a sociedade; e a RIPEQ, grupo de pesquisa em ensino de química com longa trajetória na formação de professores e inovação didática. Cada grupo contribuiu com sua expertise para o planejamento e a implementação do *design*, configurando um ecossistema formativo colaborativo.

A interdisciplinaridade, neste contexto, não foi apenas um ideal a ser perseguido, mas uma prática efetiva. A equipe de implementação do *design* incluiu alunos de graduação e pós-graduação, professores da universidade e pesquisadores com atuações distintas, incluindo especialistas em pesquisa científica, ensino de química e DC. Essa composição multidisciplinar não apenas possibilitou o desenvolvimento de um projeto mais robusto, como também impactou diretamente a produção dos TDC. Segundo os petianos, o envolvimento de diferentes profissionais gerou um impacto positivo na execução das atividades, contribuindo para que os textos finais fossem mais completos, acessíveis e cientificamente precisos.

**A Divulgação Científica como um gênero discursivo**

A concepção da DC como um gênero discursivo, proposta por Zamboni (2001), fundamenta-se no reconhecimento das especificidades envolvidas no ato de divulgar ciência. Mais do que simplificar o discurso científico (Nunes; Queiroz, 2020), a DC

demanda uma compreensão das práticas comunicativas e das estratégias necessárias para tornar o conhecimento acessível a públicos diversos.

No contexto deste *design,* a DC foi assumida como um princípio estruturante, com o objetivo de divulgar resultados de uma pesquisa científica sobre reações de oxirredução capazes de contribuir para a obtenção de combustível. Para isso, os estudantes participaram de estudos aprofundados sobre o conteúdo químico, seguidos da produção de TDC, de forma articulada com os eixos do ensino e da extensão.

As evidências demonstradas durante as falas categorizadas, revelam que os petianos reconheceram a importância de adaptar a linguagem, desenvolver habilidades comunicativas e considerar o público como parte ativa do processo. Esse movimento formativo também se refletiu nos textos produzidos, que buscaram romper com visões reducionistas da ciência e promover o reconhecimento dos pesquisadores e das instituições públicas. A preocupação com o leitor leigo, a escolha consciente da linguagem, o uso de recursos textuais adequados e o desenvolvimento de uma consciência sociopolítica apontam para uma postura comunicativa sensível e comprometida. Essas intenções se concretizaram em cada um dos TDC, como mostram os trechos seguintes.

> As reações de oxirredução são um tipo de transformação química em que ocorre o transporte de elétrons, um tipo de partícula presente no átomo com carga negativa e que pode migrar de um átomo para outro. (TDC 2, p. 3).
>
> Pense em uma esponja mágica que, além de absorver sujeira e impurezas, tem um superpoder: enquanto remove os poluentes, ela os transforma em algo útil, como combustível para automóveis. É isso que os cientistas estão tentando fazer com a tecnologia usada neste estudo sobre o álcool benzílico (TDC 3, p. 3).
>
> O esgotamento dos combustíveis fósseis e a emissão de $CO_2$, um dos principais gases de efeito estufa, são problemas globais que demandam soluções urgentes. A emissão de $CO_2$ contribui para o aquecimento global, mudanças climáticas, derretimento de geleiras, elevação do nível dos oceanos e acidificação das águas, afetando gravemente a biodiversidade, a agricultura e a saúde humana. Tecnologias como a célula eletroquímica oferecem uma alternativa promissora ao reduzir o $CO_2$ a combustíveis, diminuindo os efeitos negativos desse gás no ambiente (TDC 1, p. 6).
>
> Os resultados podem ter um impacto significativo no desenvolvimento de tecnologias limpas, influenciando políticas públicas voltadas para a redução de $CO_2$ e o tratamento de águas residuais (TDC 4, p. 6).

Nesse sentido, mesmo sem o contato direto de levar os textos até o público alvo, os materiais produzidos assumem um caráter “pré-extensionista”, pois mobilizam

princípios da extensão universitária, como a interação dialógica (FORPROEX, 2012). Aprender a produzir materiais extensionistas de forma qualificada é, portanto, uma etapa fundamental para que o contato com a comunidade vá além de iniciativas improvisadas ou meramente ativistas.

Então, podemos afirmar que a DC, assumida como um gênero discursivo neste projeto, contribuiu não apenas para a formação dos petianos, mas também para a construção de pontes entre universidade e sociedade, promovendo um exercício ético, político e comunicativo de aproximação com o público.

Assim, o *design* permitiu delinear uma interface entre uma pesquisa científica e TDC que incorporam princípios extensionistas, contribuindo para a inovação no ensino de graduação. Esse movimento esteve intimamente associado aos princípios de *design*: interdisciplinaridade, impacto na formação discente, DC como um gênero discursivo e inovação no ensino.

Por fim, pode ser considerado que o desenvolvimento desta pesquisa, que se inspira nas partes de uma pesquisa baseada em *design*, apresentou grandes contribuições no sentido de propor um projeto universitário, o qual foi planejado e, posteriormente, implementado por diferentes atores universitários. Este projeto, ainda, pode disparar uma série de ações potenciais, que são apresentadas no capítulo seguinte.

Diante das análises apresentadas ao longo deste capítulo, é possível perceber que o *design* formativo implementado, centrado na produção de Textos de DC, cumpriu um papel fundamental no desenvolvimento das habilidades comunicativas dos estudantes do grupo PET, na adaptação dos conteúdos para diferentes públicos e no fortalecimento de uma postura mais crítica e engajada em relação à ciência e à sua comunicação. Embora cada seção tenha oferecido respostas parciais, identificando avanços em aspectos específicos como a reflexão ética, a construção da identidade comunicativa, a clareza e adequação dos textos, e o uso de estratégias comunicativas, a triangulação desses resultados aponta para uma contribuição consistente do projeto em promover uma experiência formativa ampla e significativa.

Esse processo, que alia teoria, prática e diálogo constante, possibilitou não apenas a aquisição técnica das competências de divulgação científica, mas também a internalização dos valores extensionistas e do compromisso social que permeiam a comunicação pública da ciência. Apesar das limitações temporais e estruturais

identificadas, o projeto delineou um caminho promissor para a articulação entre ensino, pesquisa e extensão, apontando para a eficácia do design formativo em aproximar a universidade da sociedade por meio da produção qualificada de materiais de divulgação.

Assim, a resposta geral ao problema de pesquisa indica que o *design* formativo proposto não só contribui para o desenvolvimento de habilidades técnicas e comunicativas, mas também fomenta uma postura reflexiva e ética dos estudantes em relação ao papel social da ciência, consolidando a DC como um espaço de engajamento e transformação social. Essas conclusões fundamentam as recomendações e proposições que serão exploradas no capítulo seguinte, com vistas ao aprimoramento e expansão das práticas formativas e extensionistas no contexto universitário.

## 6 APERFEIÇOAMENTO DO *DESIGN* E PERSPECTIVAS FUTURAS

O *design* desenvolvido nesta pesquisa foi inspirado por um modelo anterior que se consolidou durante o período pandêmico, em um contexto completamente remoto. Naquele momento, as atividades acadêmicas e sociais presenciais estavam suspensas, e os estudantes, de modo geral, dispunham de mais tempo para se dedicar às propostas virtuais das universidades. Em contraste, o presente *design* foi implementado em um cenário pós-pandêmico, no qual a vida presencial havia sido retomada recentemente. Essa retomada trouxe consigo uma série de implicações no cotidiano dos estudantes, que enfrentavam desafios significativos de adaptação ao retorno às atividades presenciais.

Muitos alunos, especialmente os ingressantes, ainda não estavam habituados à rotina presencial da universidade, lidando com dificuldades de deslocamento, organização de tempo e reintegração à dinâmica social e acadêmica tradicional. Além disso, o período foi marcado por uma sobrecarga de compromissos: aulas, provas, trabalhos, apresentações e envolvimento em outros projetos institucionais, além de empregos formais e informais. Essas atividades frequentemente ocupavam o tempo e a energia dos participantes.

Essa realidade afetou diretamente a organização das reuniões do projeto. Como havia estudantes tanto da licenciatura quanto do bacharelado, foi necessário estabelecer um horário de encontro comum entre os dois turnos — das 18h às 19h.

Contudo, esse intervalo se mostrou apertado: os estudantes da licenciatura precisavam sair mais cedo, pois suas aulas começavam às 19h, enquanto os do bacharelado muitas vezes chegavam com atraso, saindo de aulas que terminavam por volta das 18h. Com isso, o tempo efetivo de reunião foi, em média, de apenas 40 minutos. Essa limitação temporal impôs dificuldades à continuidade de algumas etapas do projeto, como aprofundamentos conceituais, discussões coletivas mais densas e a consolidação de reflexões críticas.

Mesmo diante dessas limitações estruturais e contextuais, os estudantes demonstraram engajamento e compromisso com o desenvolvimento dos TDC. A proposta de produção dos textos, articulada com os princípios da extensão universitária, mostrou-se potente para instigar nos participantes o senso de responsabilidade social e a consciência sobre a importância de comunicar a ciência de maneira acessível. Esse movimento foi especialmente significativo no contexto de formação dos discentes, pois contribuiu para que desenvolvessem habilidades de linguagem, adaptabilidade comunicativa, sensibilidade ao público e comprometimento ético com a informação científica.

Assim, ainda que os desafios da retomada presencial tenham imposto limitações importantes, o *design* conseguiu delinear uma interface entre a pesquisa científica desenvolvida no laboratório parceiro e os TDC, pensados como produtos extensionistas. Esse percurso esteve intimamente associado a princípios de *design* como interdisciplinaridade, impacto na formação discente e a DC como um gênero discursivo.

Os resultados empíricos apontam, portanto, para a relevância da proposta mesmo em meio às condições adversas, sugerindo caminhos para futuras práticas pedagógicas que considerem as complexidades da vida universitária contemporânea. Apesar dos desafios trazidos pela retomada das atividades presenciais, o modelo presencial também trouxe vantagens significativas. O contato direto entre os estudantes e os pesquisadores permitiu uma interação mais rica e estimulante, favorecendo o esclarecimento de dúvidas em tempo real, o acesso a materiais da pesquisa e a construção de uma relação mais próxima com o grupo responsável pela investigação. O projeto demonstrou ser flexível e sensível ao contexto dos estudantes, promovendo o desenvolvimento de habilidades comunicativas, pensamento crítico e protagonismo discente. Além disso, favoreceu o trabalho colaborativo, a autonomia

na construção do conhecimento e o engajamento com a ciência de forma socialmente comprometida, reafirmando o potencial formativo da extensão universitária como espaço de diálogo entre saberes acadêmicos e públicos diversos.

Por fim, pensando em processos otimizados poderíamos sintetizar os seguintes aspectos de otimização para uma possível segunda implementação do *design:* I) aumento do tempo e do intervalo entre cada uma das atividades, considerando suas complexidades e exigências e contexto de implementação; II) reuniões mais longas, dentro das limitações dos estudantes; III) preocupação prévia com outras atividades possíveis da própria universidade que poderiam dificultar o desenvolvimento do projeto, como períodos de provas.

## 7 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi contribuir com as discussões sobre práticas extensionistas no contexto universitário, com base na proposição e implementação de um projeto ancorado na elaboração de TDC, produzidos por estudantes de graduação a partir de uma pesquisa científica desenvolvida em um grupo específico da universidade. O projeto foi pensado e executado em um contexto pós-pandêmico, com retomada das atividades presenciais e reorganização da vida universitária, o que conferiu ao processo características próprias e desafiadoras.

A adoção da pesquisa baseada em design permitiu mapear problemas práticos e conceber soluções fundamentadas teoricamente, por meio da formulação e aplicação de princípios de design. A implementação do projeto envolveu diversas etapas formativas, tais como seminários, experimentos, leitura e análise de TDC, oficinas de escrita, produção colaborativa e avaliação por pares. Como resultado, foram produzidos quatro TDC cujas versões finais contemplaram os princípios da Divulgação Científica e da comunicação acessível do conhecimento acadêmico para o público leigo.

As análises das falas dos estudantes e dos textos produzidos possibilitaram investigar como os participantes se engajaram com a prática de divulgação científica e desenvolveram competências comunicativas, reflexivas, éticas e científicas. Em resposta à questão central da pesquisa “Em que medida o design formativo voltado à produção de TDC contribui para o desenvolvimento de habilidades de DC, adaptação de conteúdos a diferentes públicos e fortalecimento de uma postura crítica e engajada”, os resultados indicam que o projeto promoveu avanços significativos nessas dimensões. Os estudantes demonstraram maior consciência ética e sociopolítica, aprimoraram a construção de uma identidade como comunicadores científicos, e desenvolveram estratégias efetivas de adequação da linguagem e estruturação dos textos para diferentes públicos.

Entretanto, a pesquisa enfrentou limitações importantes decorrentes do contexto presencial em que foi implementada. Os estudantes do grupo PET, embora engajados, tinham diversas demandas acadêmicas e pessoais, e o projeto não constituía sua prioridade principal. Essa sobrecarga, típica da vida universitária contemporânea, aliada à necessidade de conciliar atividades dentro e fora da universidade, reduziu o tempo total disponível para a realização das atividades

propostas. Além disso, não foram previstas pausas adequadas em momentos cruciais da graduação, como períodos de provas e avaliações, o que impactou a continuidade e a profundidade do trabalho. Reconhecer essas questões indica a necessidade de um planejamento que considere maior tempo de execução e pausas estratégicas, para garantir uma participação mais efetiva e reflexiva dos alunos.

O processo de avaliação formativa foi elemento fundamental ao longo da implementação. Esse processo ocorreu por meio de debates constantes entre pesquisadora e estudantes, além da entrega e revisão sucessiva de versões dos TDC, que foram corrigidas e aprimoradas diversas vezes. Essa dinâmica permitiu ajustes pedagógicos em tempo real, promovendo a construção coletiva do conhecimento e o desenvolvimento progressivo das competências de divulgação científica, fortalecendo a aprendizagem dialógica e o compromisso ético dos alunos com a DC.

Em suma, apesar dos desafios impostos pelo contexto e pelas limitações mencionadas, o projeto demonstrou ser uma iniciativa promissora para a formação de estudantes mais conscientes, críticos e engajados, capazes de articular conhecimentos científicos com formas acessíveis e socialmente responsáveis de comunicação. Essas conclusões apontam para o potencial de práticas extensionistas que integrem produção de conteúdos científicos e formação comunicativa, reforçando a ciência como bem público e a universidade como agente de transformação social.

## REFERÊNCIAS


AGUIAR, R. K. P. R.; COSTA, H. R. O uso do jogo “Planeta Química” para a aprendizagem de conceitos: uma abordagem a partir da Teoria da Ação Mediada na produção de significados. **Química Nova na Escola**, p. p. 1 - 11, 26 set. 2024.

EIDT, E. C.; CALGARO, R. Responsabilidade social universitária - histórico e complexidade implícitos na constituição do conceito. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 26, n. 1, p. 89–111, abr. 2021.

BRASIL. **Ministério da Educação.** Secretaria de Educação Superior. Programa de Educação Tutorial - PET Manual de Orientações Básicas. Brasília, 2006.

BRITO, J. F. *et al*. Turning carbon dioxide into fuel concomitantly to the photoanodedriven process of organic pollutant degradation by photoelectrocatalysis. **Electrochimica Acta**, v. 306, p. 277–284, 20 maio 2019.

CURI FILHO, W. R.; WOOD JUNIOR, T. Avaliação do impacto das universidades em suas comunidades. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 19, n. 3, p. 496–509, set. 2021.

BEGO, A. M. Mea Culpa. **Jornal da Ciência (JC)**, artigo 28, maio 2020. Disponível em: http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/28-meaculpa/?fbclid=IwAR3qhjn07bhrQwL4e3GxoktSW01i5sS0HPva54a6dUkORrMlih7FmQK V3cg. Acesso em 10 maio 2025.

Rodrigues WF, Mota MS, Treptow VP, Porto AR, Silva CD, Ribeiro JP. Conhecimento sobre comunicação e divulgação científica. **Journal of Nursing and Health. J. nurs. health**. v.15 n. 1, 2025.

POLINO, C.; CASTELFRANCHI, Y. Comunicación pública de la ciencia. História, prácticas y modelos. In: AIBAR, E.; QUINTANILLA, M. A. **Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía Volume 32**: Ciencia, tecnología y sociedade, Madrid: Editorial Trotta, 2012, p. 351 - 378.

PRIMO, C. M. (2023). **Como tornar indissociáveis ensino, pesquisa e extensão na Química? Um estudo sobre implementação de um design inovador sobre MOFs luminescentes.** 2023. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, Araraquara, 2023.

LIMA, G. S.; GIORDAN, M. Características do discurso de Divulgação Científica: implicações da dialogia em uma interação assíncrona. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 83 - 95, 2017.

ANDERSON, T., SHATTUCK, J. Design-Based Research: a decade of progress in education research?. **Educational Researcher**, v. 41, n. 1, p. 16 - 25, 2012.

BRASIL, S. **Brasileira desenvolve método para produzir etanol a partir de água de petróleo.** Disponível em: https://sputniknewsbr.com.br/20200131/brasileira-desenvolve-metodo-para-produzir-etanol-a-partir-de-agua-de-petroleo-15081878.html. Acesso em: 1 jun. 2025.

CARVALHO, L. DOS S.; LIMA, C. R. M. DE; MACÊDO, W. C. M. DE. comunicação científica em tempos de pandemia do covid-19. **Asklepion: Informação em Saúde**, v. 2, p. 141–161, 18 nov. 2022.

CATANHEDE, S. C. DA S. **Textos da revista ciência hoje como recurso didático: análise e possibilidades de uso no ensino médio de química.** Dissertação em Química — Universidade Federal de São Carlos. 2012.

CHAGAS, C.; MASSARANI, L. **Manual de sobrevivência para divulgar a ciência e saúde.** São Paulo: SciELO – FIOCRUZ, 2020.

CUNHA, M. B. **Divulgação Científica:** Diálogos com o ensino de ciências. Curitiba: Appris, 2019.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Artigos da revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de química. **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 354 - 360, 2011.

GASCOIGNE, T. *et al*. **Communicating science : a global perspective.** Canberra, ACT, Australia: Australian National University Press, 2020.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 198 p

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Por uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

Grupo descreve método barato e ambientalmente amigável para produzir amônia **- Revista Ecológico**. Disponível em: http://revistaecologico.com.br/sou-ecologico/grupo-descreve-metodo-barato-e-ambientalmente-amigavel-para-produzir-amonia/. Acesso em: 1 jun. 2025.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.22, n.2, p.1-16, 2017.

KUNSCH, M. K. Divulgação científica: missão inadiável da universidade. **Logos**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 46–47, 2015.

MASSARANI, L. MOREIRA, I. C. Brazil: history, significant breakthroughs and present challenges in science communication. In: GASCOIGNE, T., SCHIELE, B., LEACH, J., RIEDLINGER, M., LEWESTEIN, B. V., MASSARANI, L. BROKS, P. (org.). **Communication Science**: a global perspective. Austrália: ANU PRESS, 2020, 959 p.

MEDINA, M. et al. The Substrate Morphology Effect for Sulfur-Rich Amorphous Molybdenum Sulfide for Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction. **Journal of the Electrochemical Society**, v. 169, n. 2, p. 026519–026519, 1 fev. 2022.

MOITA, F. M. G. S. C.; ANDRADE, F. C. B. Ensino-Pesquisa-Extensão: um exercício de indissociabilidade na pós-graduação. **Revista Brasileira de Educação**. v. 14, n. 41, p. 269 - 393. 2009.

NUNES, R. C.; QUEIRÓS, W. P. Um panorama das pesquisas sobre divulgação científica em periódicos na área de ensino. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**. v.11, n. 4, p. 333 - 347, 2020.

Pesquisadores desenvolvem método barato na produção de amônia **| EBC Rádios**. Disponível em: https://radios.ebc.com.br/brasil-rural/2022/08/pesquisadores-desenvolve-metodo-barato-na-producao-de-amonia. Acesso em: 1 jun. 2025.

QUEIROZ, S. L.; FERREIRA. L. N. A.; IMASATO, H. Textos de divulgação científica no ensino superior de química: aplicação em uma disciplina de Química Estrutural. **Educación Quimica**, v. 23, n. 1, p. 49 -54, 2012.

REDAÇÃO. **Jovens pesquisadores do CDMF recebem reconhecimento internacional**. Disponível em: https://jornalimparcial.com.br/jovens-pesquisadores-do-cdmf-recebem-reconhecimento-internacional/. Acesso em: 1 jun. 2025.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, V, 2005, Bauru. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2005.

SANTARELLI, I. S. *et al*. Cientifi-cidade: estimulando a divulgação científica por meio da extensão universitária. **Química nova na escola**, v. 43, n. 3, p. 244 - 253, 2020.

SCHAFFER, L. M.; OEHL, B.; BERNAUER, T. Are policymakers responsive to public demand in climate politics? **Journal of Public Policy**, v. 42, n. 1, p. 1–29, 8 jul. 2021.

SILVA, F. B. *et al*. A evolução e adaptação da atividade pet conexões matemática e comunidade durante e pós-pandemia. **Revista Eletrônica do Programa de Educação Tutorial/Três Lagoas-MS (REPET-TL)**, v. 5, n. 5, p. 182–195, 6 dez. 2023.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de

física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 155 - 179, 2005.

SOTÉRIO, C; QUEIROZ, S. Estratégias de escrita pra abordagem da comunicação pública da ciência na educação em. **Química Nova**, São Carlos, v. 43, n. 8, p. 1163-1171, 2020. Sociedade Brasileira de Quimica (SBQ). http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170580. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/Yf7Bb4Vk4Mtj5nYPby89j8G/?format=pdf&lang=pt. Acesso em 15 abr. 2025.

SOTÉRIO, C; QUEIROZ, S. Estratégias de escrita pra abordagem da comunicação pública da ciência na educação em. **Química Nova**, São Carlos, v. 43, n. 8, p. 1163-1171, 2020. Sociedade Brasileira de Quimica (SBQ). http://dx.doi.org/10.21577/0100- 4042.20170580. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/Yf7Bb4Vk4Mtj5nYPby89j8G/?format=pdf&lang=pt. Acesso em 15 abr. 2025.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica:** subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica:** subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001.

## APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Aqui você encontra orientações para elaborar o seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo modelo básico pode ser encontrado ao final deste documento. Desta forma é importante que o leia com atenção. Você está sendo convidado para participar da pesquisa Princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão: uma proposta de Design para investigação das inter-relações entre Divulgação Científica (DC), Casos Investigativos (CI) e Inovação no Ensino de Química na graduação – reimplementação., sob responsabilidade de Amadeu Moura Bego e Isabela Fernandes Ierick, vinculados ao Instituto de Química da Unesp Câmpus de Araraquara.

Esta pesquisa foi avaliada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara FClar - UNESP, que tem como função defender os interesses dos participantes das pesquisas, em sua integridade e dignidade, contribuindo para o desenvolvimento da ciência dentro dos padrões éticos. O estudo tem como objetivo desenvolver um projeto de design que visa integrar ensino, pesquisa e extensão e investigar os impactos de um segundo ciclo de implementação nas inter-relações entre divulgação científica, casos investigativos e inovação no ensino de graduação em Química. A pesquisa será feita no Instituto de Química da Unesp de Araraquara. Os pesquisadores estarão sempre presentes. O trabalho será realizado em parceria com os alunos do grupo de extensão Programa de Educação Tutorial (PET) da graduação em Química, que irão elaborar os materiais. Os documentos utilizados serão os materiais de DC e o CI elaborados. Como instrumentos de coleta de dados serão utilizadas gravações do processo de produção dos materiais questionários utilizados ao final da pesquisa. As atividades não irão prejudicar as notas e nem o andamento de suas aulas.

Não haverá nenhum custo e nenhuma remuneração pela sua participação, mas sua participação nos ajudará a analisar o impacto desta intervenção, bem como adaptá-la para as próximas versões. Você tem o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa. Você tem o direito de solicitar esclarecimentos sobre os procedimentos, antes e durante a realização da pesquisa Toda pesquisa oferece riscos, neste caso

os riscos mínimos e podem envolver cansaço ou emoção. Para que não ocorram ou, no caso de ocorrerem, tomaremos os seguintes cuidados e providências para manter o sigilo e integridade dos participantes desta pesquisa. Ninguém, fora sua turma, saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der, durante ou ao término da pesquisa.

A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Este projeto de pesquisa visa abordar a crescente relevância das interações entre ciência, universidade e sociedade, especialmente em face das repercussões da pandemia de Covid-19. No contexto brasileiro, destaca-se a importância do princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão como meio de promover diálogos transformadores entre as universidades e a sociedade. No entanto, as universidades enfrentam o desafio de efetivamente implementar projetos alinhados a esse princípio, abrangendo dimensões política, educativa, científica e cultural. Este projeto propõe o desenvolvimento, investigação e avaliação de ações para otimizar a integração entre ensino, pesquisa e extensão dentro das instituições universitárias e seus grupos de pesquisa. O objetivo é criar um projeto de design que promova essa integração e analisar os impactos de sua implementação nas inter-relações entre divulgação científica, casos investigativos e inovação no ensino de graduação em Química.

Os participantes terão o benefício de se inteirar sobre pesquisas que são realizadas na sua universidade, bem como sobre a importância da divulgação das mesmas e de seu papel como universitário e extensionista para com a comunidade dentro e fora das universidades. Os dados resultantes deste estudo serão apresentados em Monografia e Dissertação, observando os princípios éticos da pesquisa científica e seguindo procedimentos de sigilo e discrição. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Os dados coletados na pesquisa serão armazenados em um dispositivo eletrônico local físico, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou "nuvem". Não haverá benefícios ou contribuições financeiras sobre os resultados decorrentes da pesquisa. Você receberá uma via deste termo no qual constam o

telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Dessa forma, você foi esclarecido sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos que serão utilizados e riscos. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Você está ciente do direito assegurado de não participar, ou de interromper a participação no momento que achar necessário, além da garantia de indenização por eventuais danos decorrentes da participação nessa pesquisa, nos termos da legislação civil (Código Civil Lei 10.406 de 10/01/2002). Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. Local e data _____,_____de_____de 20__ Nome do participante:_____

_____ Assinatura do participante da pesquisa _____(assinatura) Pesquisador Responsável Nome: Isabela Fernandes Ierick Endereço: Avenida da Saudade, 844, Jardim Santa Eliza – Barra Bonita Tel: (16) 99766-5624 E-mail: fernandes.ierick@unesp.br

_____(assinatura) Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego Endereço: Rua Prof. Francisco Degni, 55, Jardim Quitandinha Tel: (16) 3301-9558 E-mail: amadeu.bego@unesp.br Localização: Rodovia Araraquara-Jaú, Km 1 – Caixa Postal 174 – CEP: 14800-901 – Araraquara – SP – Fone: (16) 3334-6263 – endereço eletrônico: comitedeetica@fclar.unesp.br.