PESQUISAS NO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, ENGENHARIAS E ARQUITETURA-UFJF

Organização:
Marco Kistemann,
Bárbara Almeida e
Igor Delgado

Akademy
EDITORA

Marco Aurélio Kistemann Jr.
Bárbara L. Almeida
Igor Delgado de Melo
(orgs.)

PESQUISAS NO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, ENGENHARIAS E ARQUITETURA – UFJF –

Akademy
EDITORA
2025

Copyright © 2025 Editora Akademy
Editor-chefe: Celso Ribeiro Campos
Diagramação e revisão: Editora Akademy
Capa: Davi Eduardo Fiuza Abras de Melo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

K61p

Kistemann Junior, Marco Aurélio; Almeida, Bárbara L.; Melo, Igor Delgado de (organizadores)
Pesquisas no Instituto de Ciências Exatas, Engenharias e Arquitetura - UFJF. São Paulo: Editora Akademy, 2024.

Vários autores
Bibliografia
ISBN 978-65-80008-49-0

1. Pesquisa 2. Divulgação Científica 3. Ciências Exatas 4. Engenharia 5. Arquitetura
I. Título

CDD: 620

Índice para catálogo sistemático:
1. Engenharia 620

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer meio sem a prévia autorização da Editora Akademy.

A violação dos direitos autorais é crime estabelecido na Lei n. 9.610/98 e punido pelo artigo 184 do Código Penal.

Os autores e a editora empenharam-se para citar adequadamente e dar o devido crédito a todos os detentores dos direitos autorais de qualquer material utilizado neste livro, dispondo-se a possíveis acertos caso, inadvertidamente, a identificação de algum deles tenha sido omitida.

Editora Akademy – São Paulo, SP

Corpo editorial

Alessandra Mollo (UNIFESP-CETRUS)
Ana Hutz (PUC-SP)
Ana Lucia Manrique (PUC-SP)
André Galhardo Fernandes (UNIP)
Andréa Pavan Perin (FATEC)
Antonio Correa de Lacerda (PUC-SP)
Aurélio Hess (FOC)
Camila Bernardes de Souza (UNIFESP/EORTC/WHO)
Carlos Ricardo Bifi (FATEC)
Cassio Cristiano Giordano (FURG)
Claudio Rafael Bifi (PUC-SP)
Daniel José Machado (PUC-SP)
Fernanda Sevarolli Creston Faria Kistemann (UFJF)
Francisco Carlos Gomes (PUC-SP)
Freda M. D. Vasse (Groningen/HOLANDA)
Heloisa de Sá Nobriga (ECA/USP)
Jayr Figueiredo de Oliveira (FATEC)
José Nicolau Pompeo (PUC-SP)
Marcelo José Ranieri Cardoso (PUC-SP)
Marco Aurelio Kistemann Junior (UFJF)
María Cristina Kanobel (UTN – ARGENTINA)
Maria Lucia Lorenzetti Wodewotzki (UNESP)
Mario Mollo Neto (UNESP)
Mauro Maia Laruccia (PUC-SP)
Michael Adelowotan (University of JOHANNESBURG)
Océlio de Jesus Carneiro Morais (UNAMA)
Paula Gonçalves Sauer (ESPM)
Roberta Alves Barbosa (PUC-SP)
Sandra Gonçalves Vilas Bôas (UNIUBE)
Tankiso Moloi (University of JOHANNESBURG)

Este livro foi avaliado e aprovado por pareceristas ad hoc.

Sumário

Apresentação.....05
Marco Kistemann, Bárbara Almeida e Igor Delgado

1- Química fotografia e arte: um projeto que desenvolve estudos a partir de ações de extensão...06
Bárbara L. Almeida

2- Desenvolvimento de Técnicas de Processamento Digital de Sinais Aplicadas à Qualidade de Energia no Núcleo de Instrumentação e Processamento de Sinais (NIPS) – UFJF.....18
Carlos Augusto Duque, Eder Barboza Kapisch e Leandro Rodrigues Manso Silva

3- Sistema de controle de temperatura educacional.....38
Daniel de Almeida Fernandes, Ana Sophia C. Alves Vilas Boas, Pedro Henrique C. Conde

4- Tv Box: Destinação Sustentável de Lixo Eletrônico e Combate ao Consumo de Pirataria – Formação Técnica e Cidadã nos Cursos de Engenharia Elétrica da UFJF.....57
Danilo Pereira Pinto, Eder Barboza Kapisch, Leandro Rodrigues Manso Silva

5- Em busca da sustentabilidade no tratamento de efluentes: substituição de coagulantes químicos por biocoagulantes.....71
Eduarda V. da Silva Gomes, Fernanda R. do Carmo Damasceno, Juliana de Oliveira C. Brum

6- Projetos de extensão FAU/UFJF: Encaminhamento para elaboração de projeto básico de restauração arquitetônica da Igreja de Nossa Senhora do Livramento, Distrito de Sarandira, Juiz de Fora/MG.....83
Fabiana Mendes Tavares Jacques

7- O lúdico como proposta pedagógica para o debate sobre acessibilidade e inclusão social no espaço público de lazer: o caso do Jardim Botânico de Juiz de Fora.....97
Bruna S. L. Labanca, Willian F. Silva, Myrtes Raposo, Frederico Braida, Márcia M. Rangel, Jaqueline A. T. dos Santos

8- Desafios e benefícios da interdisciplinaridade na Iniciação Científica: experiências no ICE/UFJF.....111
Giovani Peterson Alves Mendes, Tiago M. Magalhães

9- Experiência com projeto de Iniciação Científica: Análise de sistemas industriais com cargas não lineares considerando técnicas de Inteligência Artificial (IA).....123
Igor Delgado de Melo, Robert William da Silva

10- Degradação fotocatalítica isolada e simultânea dos fármacos cafeína e ácido acetilsalicílico: efeito de matriz e da adição de aceptores de elétrons nos processos de degradação avaliados.....134
Rafael de Oliveira, Pamela dos S. Benvindo, Júlio César J. da Silva, Lilian L. Rocha e Silva

11- Ações de pesquisa de Iniciação Científica do Grupo Pesquisa de Ponta – UFJF de 2016 a 2025.....155
Marco A. Kistemann Jr., Davi E. F. A. de Melo, Thayonara do P. Andrade, Luiz P. de O. Pinto

Apresentação

A pesquisa científica exerce um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade, impulsionando inovações, aprimorando processos e contribuindo para a solução de desafios contemporâneos. No âmbito das Ciências Exatas, Engenharia e Arquitetura, esse impacto se torna ainda mais evidente, dado o caráter aplicado dessas áreas e sua relação direta com o progresso tecnológico.

Este livro, fruto do trabalho de pesquisadores da Universidade Federal de Juiz de Fora, apresenta uma coletânea de estudos que refletem a riqueza e a diversidade das investigações conduzidas nas mais variadas frentes do conhecimento científico e tecnológico. Cada capítulo representa não apenas um recorte de um tema específico, mas também a materialização do empenho e da dedicação de seus autores na geração de conhecimento e soluções inovadoras.

Através de uma abordagem interdisciplinar, os textos aqui reunidos demonstram a importância da interação entre diferentes domínios do saber, refletindo a natureza complexa dos desafios enfrentados no mundo contemporâneo. As pesquisas apresentadas não apenas ilustram o potencial acadêmico e científico da UFJF, mas também reforçam a relevância do conhecimento produzido dentro das universidades para a sociedade em geral.

Que esta obra sirva como referência para novos estudos, como inspiração para futuras gerações de pesquisadores e como um testemunho da capacidade transformadora da ciência e da tecnologia. Aos leitores, o convite para explorar as páginas a seguir é também um chamado para refletir sobre o papel do conhecimento na construção de um futuro mais inovador, sustentável e humano.

Marco Kistemann, Bárbara Almeida e Igor Delgado

Professores da Universidade Federal de Juiz de Fora/MG

Capítulo 1

Química fotografia e arte: um projeto que desenvolve estudos a partir de ações de extensão.

Barbara L. Almeida.[1]

Introdução

A impressão de imagem fotográfica de forma artesanal, fez parte do desenvolvimento científico e tecnológico da fotografia desde o século XIX, por meio de processos fotográficos históricos e alternativos conhecidos como cianotipia, papel salgado, antotipia entre outros. Esses processos envolvem diversas reações químicas, e atualmente são amplamente utilizados por artistas nos trabalhos de arte contemporânea. O uso dos processos fotográficos históricos vem crescendo muito desde a década de 1980, devido ao avanço tecnológico da fotografia digital, que facilitou e permitiu que esses processos fotográficos pudessem ser retomados, popularizados e acessíveis.

Além dos artistas, existem muitos arte-educadores e professores de química, ou de ciências, que se interessam pelos processos fotográficos como recurso didático no ensino. Nos dois casos ocorre a busca dos profissionais pelo conhecimento específico do conteúdo de química, no que diz respeito à compreensão das reações químicas para formação das imagens, ao esclarecimento dos acertos e erros ao realizar o processo, à toxicidade e riscos dos reagentes, descarte, aos impactos ao meio ambiente, à sustentabilidade, e aos materiais de baixo custo para escolas. Além disso, há ainda a busca de auxílio para a resolução de problemas práticos enfrentados por artesãos que querem comercializar suas peças, mas desconhecem, por exemplo, o melhor método para realizar a lavagem de tecidos estampados por processos fotográficos, sem perder a imagem devido a reação com compostos químicos presentes na formulação dos diferentes tipos de sabões. Muito do que se conhece sobre química dos compostos envolvidos nos processos fotográficos, se encontra publicado em artigos acadêmicos na área de química, porém, são estudos de base totalmente acadêmica, com linguagem técnica e que não são diretamente aplicados aos processos fotográficos.

[1] Professora do Departamento de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Os procedimentos fotográficos como mencionado anteriormente são processos químicos e sua total compreensão demanda conhecimento e familiaridade com a linguagem química. Dessa forma geralmente encontra-se disponível na internet o conteúdo escrito de forma descritiva, na forma de receitas prontas, que estão disponíveis em livros e na internet, e utilizam de linguagem simplificadas, o que prejudica a transmissão de informações técnicas. Devido a isso, a maior parte do material disponível na internet, principalmente em português, não traz esclarecimentos sobre o motivo de realizar determinados procedimentos descritos, o que está ocorrendo nos processos, ou como entender os diferentes resultados. A falta de materiais técnicos de base científica e com linguagem acessível sobre a interface do conhecimento entre a química e arte, leva os usuários dos processos a estarem sempre em busca de ajuda e de maior esclarecimento, para compreenderem o que estão produzindo, e se estão fazendo em segurança, tanto para os indivíduos envolvidos nos processos, quanto para o meio ambiente.

Os processos fotográficos também podem ser usados para o ensino de química e ciências, uma vez que se apresentam como potenciais atividades lúdicas, em que se pode obter uma imagem impressa, preparando-se de maneira artesanal seu próprio papel fotográfico, utilizando reagentes químicos. Portanto, os processos fotográficos são uma excelente ferramenta de ensino para professores de química ou de ciências, porém, este conteúdo normalmente não é abordado durante sua formação.

As fotografias digitais junto com os processos fotográficos experimentais são capazes de estabelecer diferentes estratégias interdisciplinares no mundo da divulgação cientifica. Buscando explorar essa ideia, em 2020 foi proposto o projeto de extensão "Química Fotografia e Arte para todos" que teve o objetivo de demonstrar as possibilidades de utilização desses processos no ensino de química e ciências, e incentivar a divulgação do conhecimento científico a respeito dos processos, em uma linguagem acessível aos principais usuários: artistas e arte-educadores.

A realização de divulgação científica do conhecimento químico sobre os processos fotográficos pode ser realizada na forma de materiais para consulta, cursos, oficinas, palestras, entre outras atividades, que possam ajudar as pessoas a adquirirem maior esclarecimento sobre o tema, e a romper barreiras sobre a dificuldade de aprender química.

Esclarecida parte da motivação de criação do projeto de extensão, a seguir serão salientados alguns pontos importantes que compõem sua criação e manutenção. Em primeiro lugar enfatiza-se que o objetivo deste projeto de extensão é a articulação entre a divulgação de conhecimentos, baseado no princípio de que: *"*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 a Universidade e a Sociedade.”

A integração de ações de extensão com a pesquisa durante a execução do projeto aconteceu de duas formas. A primeira ocorreu à medida que as demandas por conhecimento foram apresentadas, se tornando objetos de estudos uma vez que podem ser necessários experimentos em busca de respostas, além das pesquisas bibliográficas. A segunda foi a relação inversa entre discentes/pesquisadores e o público-alvo deste projeto, criando a possiblidade de os acadêmicos ouvirem diretamente da população, o que de fato são as necessidades de conhecimentos que eles possuem e como a ciência, no caso a química, pode ajudar a esclarecer e impactar em suas vidas.

A proposta é de avaliar e refletir sobre as possibilidades de produção de conhecimento na interface universidade/comunidade, de acordo com FORPROEX (Plano Nacional de Extensão Universitária):

> (...) com relação à pesquisa, priorizando as metodologias participativas e favorecendo o diálogo entre categorias utilizadas por pesquisados e pesquisadores, visando a criação e recriação de conhecimentos possibilitadores de transformações sociais, onde a questão central será identificar o que deve ser pesquisado e para quais fins e interesses se buscam novos conhecimentos.

Desta forma, a seguir são apresentadas algumas possibilidades de articulação dos estudos realizados na universidade com alguns setores da sociedade.

O projeto e a pesquisa:

O trabalho do projeto tem início com a capacitação dos discentes envolvidos. Eles aprendem sobre os diferentes processos fotográficos, e seguem fazendo pesquisas bibliográficas, produzindo conteúdos, auxiliando na produção de material de consulta e participando ativamente dos cursos e oficinas oferecidas.

Por se tratar de um projeto multidisciplinar, podem participar estudantes vinculados aos cursos de Química, Artes, Biologia e da área de comunicação, sejam eles da modalidade de licenciatura ou bacharelado. A oportunidade de trabalhar em um projeto de extensão com este perfil, proporciona uma formação humanística, formando profissionais que interagem na prática com o público atendido. Além disso, o discente tem oportunidade de desenvolver de maneira prática as habilidades específicas aprendidas no seu próprio curso, tendo contato com divulgação do conhecimento e com ações de extensão.

Chaves-Gamboa ilustram que, a partir da relação dialética entre teoria e prática, é possível criar projetos que atendam às necessidades de formação profissional, objetivando a

produção e disseminação de conhecimento científico e a formação humana, na perspectiva de “ampliar a consciência política e a transformação da sociedade”.

O projeto, portanto, se propõe a trabalhar sob demanda, num processo dialógico, para tanto, são criados e divulgados, periodicamente, na rede social, conteúdos específicos sobre os processos fotográficos na interface química e arte.

Trata-se de conteúdo com linguagem acessível e inclusiva, ou seja, para pessoas de qualquer área e que tenha interesse nos processos fotográficos, elaborados para estimular a interação com o público. A partir das divulgações dos conteúdos elaborados tem início a interação com o público que levanta questões e enviam dúvidas. O material enviado pelo público é selecionado e, em seguida, apresentado aos membros da equipe que vão buscar as respostas para as problematizações, seja na teoria ou prática. Assim, é gerado um novo conteúdo com as respostas, novamente disponibilizado na rede do projeto, possibilitando novos esclarecimentos, quando e se necessário. Novas demandas podem surgir à medida que o projeto é divulgado, e as ações devem ser flexíveis podendo ser ajustadas, as realidades da comunidade.

A motivação inicial para trabalhar sob demanda ocorreu no período de 2017 a 2019, quando a coordenadora do projeto teve contato com vários grupos de artistas, e vivenciou de perto a necessidade e a demanda dos conhecimentos de química para desenvolvimento dos trabalhos dos artistas, envolvendo os processos fotográficos.

No ano de 2020 foi proposto um projeto de extensão universitária que inicialmente atuou *online* devido à pandemia. Neste período foi criado um perfil na rede social *Instagram*, e também se iniciou a divulgação de conhecimento sobre os processos fotográficos na forma de *posts* e vídeos. Além disso, houve diversas ações *online*, como palestras a convite de outras instituições, participação em eventos, cursos, *lives*. A escolha do Instagram se deu, pois essa é uma rede social cujo foco é a divulgação e compartilhamento de imagens. Além disso, é também um meio de o projeto ter contato direto com membros da comunidade como artistas, fotógrafos, professores, que são grandes usuários da rede e enviam suas dúvidas, problemas encontrados e pedidos de ajuda para a equipe do projeto.

Além do caráter de divulgação cientifica, o projeto atende aos critérios do Conselho Nacional de Educação (CNE), que regulamenta as atividades acadêmicas de extensão dos cursos de graduação, por meio da Resolução Nº 7, de 18 de dezembro de 2018, que estrutura a concepção e a prática das Diretrizes da Extensão na Educação Superior: *“*a interação dialógica da comunidade acadêmica com a sociedade por meio da troca de conhecimentos,

da participação e do contato com as questões complexas contemporâneas presentes no contexto social*”.*

O principal objetivo do projeto de extensão, é produzir, organizar e divulgar o conhecimento científico sobre os processos fotográficos ao público interessado. Essa realizar estas ações, é necessária uma troca direta entre a equipe do projeto e a comunidade de artistas. Dessa forma, os integrantes do projeto têm acesso aos procedimentos reais usados na prática cotidiana dos artistas, aprendem e trazem os procedimentos para sua reflexão e produção de soluções e ou propostas de ação. Por fim, o conhecimento gerado é devolvido para a comunidade por meio de cursos, publicações, posts, vídeos.

Muitas das dúvidas enviadas, para serem respondidas, se transformam em objeto de estudo. O primeiro passo é a realização de um levantamento bibliográfico das informações que já estão disponíveis na base de dados cientifica, selecionando-se artigos, capítulos e demais trabalhos acadêmicos. A filtragem dos artigos compatíveis com a temática mostra que muita pesquisa sobre os compostos usados já se encontra disponível na internet, porém não estão diretamente relacionadas aos processos fotográficos, daí a importância da mediação entre a grupo pesquisa e a comunidade. Depois da pesquisa e seleção na base de dados, a equipe do projeto trabalha na realização de experimentos com produção de imagens para produzir o conteúdo com as respostas para a comunidade, o que auxilia na correlação entre o conhecimento acadêmico produzido e as dúvidas apresentadas pela comunidade. Os novos conhecimentos gerados são usados para responder as questões apresentadas pela comunidade. Essa metodologia de pesquisa é conhecida como síntese do conhecimento.

A síntese do conhecimento é uma metodologia científica que utiliza informações já publicadas por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, para, a partir delas, gerar novas informações. É importante destacar que a síntese do conhecimento não é uma revisão da literatura científica — ou seja, um levantamento de dados que resume conhecimentos já produzidos —, mas sim uma forma de utilizar as informações já publicadas e disponíveis para gerar novos conhecimentos.

No caso deste projeto de extensão, os novos conhecimentos gerados são publicados diretamente para a comunidade, na forma de materiais de consulta, em linguagem acessível. A cada dúvida ou questionamento sobre os processos que são apresentados, um público específico deve ser atendido, o que muda a linguagem, os experimentos e o conteúdo de cada ação de divulgação.

Os principais processos fotográficos e respectivas dúvidas e questionamentos apresentados pela comunidade estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1: principais processos estudados no projeto

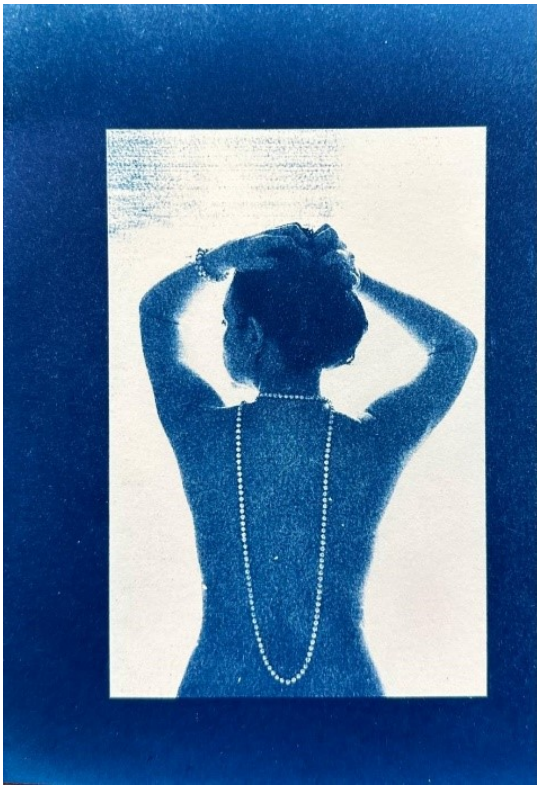
Processo fotográfico	Substâncias usadas
Cianotipia	Compostos de ferro
Antotipia	Corantes orgânicos
Fitotipia	Impressão direto nas plantas
Wet cyanotype	Compostos de ferro

Fonte: dados do projeto (2024)

A seguir são apresentadas as descrições de cada processor fotográfico e respectivas imagens ilustrativas dos resultados alcançados.

- **Cianotipia**: impressão de imagem que pode ser realizada com a luz do sol ou utilizando lâmpadas artificiais. São aplicados reagentes químicos contendo ferro em sua composição, na superfície do papel, que a seguir é exposto a luz. O resultado é uma imagem azul (figura 1), que pode ser alterada em outras cores, a depender de novas reações com diferentes substâncias aplicadas após a formação da imagem na superfície do papel.

Figura 1: cianotipia

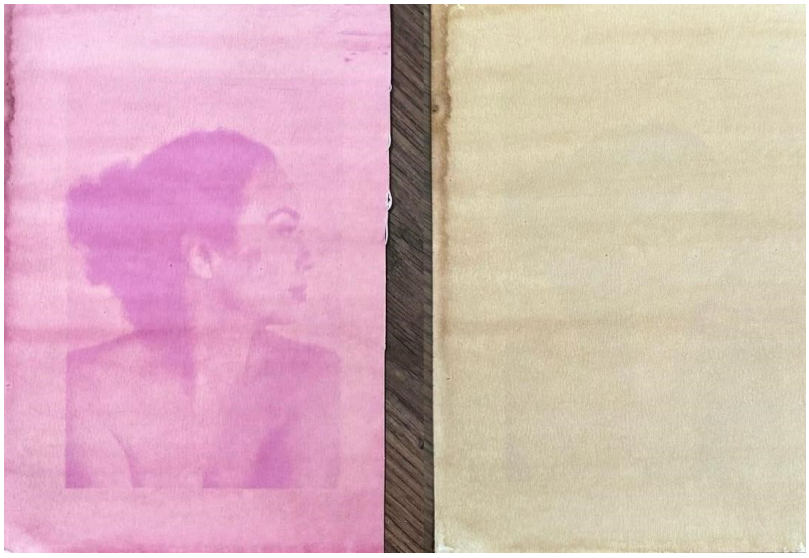


Fonte: acervo da autora

- **Antotipia**: impressão de imagem que deve ser realizada com a luz do sol. São usados corantes naturais extraídos diretamente da planta escolhida e aplicados na superfície do papel. O resultado apresenta imagens de diferentes cores, a depender do extrato

utilizado. Uma característica desta técnica é que as imagens não são fixadas, elas são efêmeras e se apagam com o tempo (figura 2).

Figura 2: Antotipia feita com extrato de beterraba (esquerda) e após 3 anos com a imagem apagada (direita)



Fonte: acervo da autora

- **Fitotipia**: impressão de imagem que deve ser realizada no sol. Utiliza corantes naturais diretamente de folhas, sem extrair. O resultado são imagens impressas diretamente nas folhas (figura 3). Uma característica desta técnica é que as imagens não são fixadas, e tal qual a antotipia, elas são efêmeras e se apagam com o tempo.

Figura 3: Fitotipia feita em folha de “comigo ninguém pode”

Fonte: acervo da autora

- ***Wet cyanotype***: em português é a "cianotipia molhada". Uma variação da técnica cianotipia. Nesta técnica, além dos tradicionais compostos de ferro, várias outras substâncias diferentes, são aplicadas no papel, e ainda molhado ele é levado para o sol. O resultado é único, com imagens coloridas.

Figura 4: Wet Cyanotype (cianotipia molhada)

Fonte: acervo da autora

O projeto teve como uma de suas premissas incentivar o público, principalmente através do Instagram, ao envio de questionamentos. Com as dúvidas e os problemas apresentados sobre os processos fotográficos, iniciou-se o trabalho colaborativo entre alunos, comunidade e professor, na busca por soluções.

Alguns exemplos de questões apresentadas e respondidas

- **Lavar tecido estampado com cianotipia**: os artistas apresentam o problema sobre estampar tecidos usando a técnica de cianotipia. Porém, não podem lavar o tecido estampado, pois o sabão destrói a imagem. Nosso trabalho foi buscar as informações sobre porque os sabões destroem a imagem e, a seguir, mostrar por meio de experimentos e de forma simples porque isso acontece. O segundo passo foi o levantamento de qual sabão poderia ser usado para lavar os tecidos sem destruir a imagem. Foram realizados testes com os sabões selecionados e todo o processo foi documentado. As respostas foram dadas em *posts* e vídeos, e foi elaborado um *folder* informativo que fica disponível *online* e gratuito para ser baixado (figura 5).

- **Tirar manchas de cianotipia de roupas**: a cianotipia é um processo artesanal e durante sua realização em oficinas, aulas ou mesmo na prática artística, as roupas podem ficar

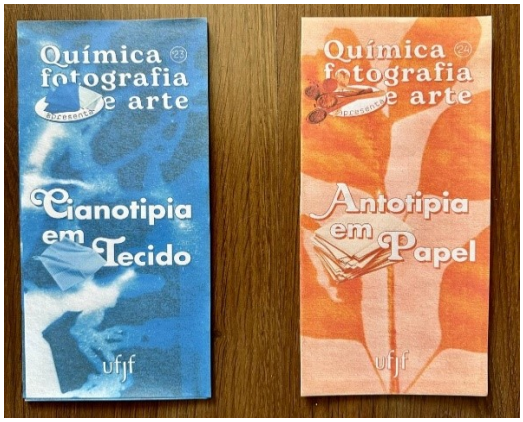
manchadas de azul. Foi desenvolvido um protocolo, baseado no conhecimento das reações químicas envolvidas nos processos, sobre como retirar manchas de tecidos (roupas ou calçados). Publicamos este protocolo nas redes sociais.

- **Descarte e toxicidade**: ao fazer a cianotipia, o processo necessita de lavar a imagem produzia com água. Após a lavagem, a água deve ser descartada. A comunidade apresenta, com bastante frequência, a dúvida sobre o impacto do descarte da água após a lavagem no meio ambiente. Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os impactos do descarte dos compostos no meio ambiente, produzindo uma série de *posts*. Além dos *posts*, convidamos um pesquisador para uma *live*, com o objetivo de responder perguntas e esclarecer o assunto de forma interativa.

- **Materiais alternativos**: a cianotipia pode ser usada em escolas para realização de experimentos de ciências ou vivências em artes. A dúvida mais apresentada pela comunidade de professores de química, ciências ou arte-educadores, é sobre o uso de papéis e outros materiais com valor acessível para a realização de experimentos. Para sanar tal dúvida foram testados diversos materiais de baixo custo que foram apresentados na forma de *posts*.

- **Reagentes alternativos**: o processo de cianotipia nem sempre é acessível, pois os reagentes químicos para a produção das imagens devem ser adquiridos comercialmente. Uma alternativa para esse problema é o uso do processo de antotipia, em que se usa produtos caseiros como couve, beterraba, cúrcuma, hibisco, entre outros, para produzir imagens. O inconveniente do processo é o tempo de exposição à luz do sol para formação da imagem. Foi elaborado um roteiro simplificado, de forma que seja possível realizar na escola em tempo hábil. Os resultados foram apresentados à comunidade na forma de *posts* nas redes sociais, além de um curso de extensão *online* e da produção de um *folder* informativo que fica disponível online e pode ser baixado de forma gratuita (figura 5).

Figura 5: folders informativos produzidos pela equipe do projeto.



Fonte: acervo da autora

- **Fitotipia e Wet cyanotype:** as principais dúvidas apresentadas pela comunidade são sobre como realizar os processos. Foram criados alguns tutoriais e listas de materiais, e disponibilizados na página do projeto no *Instagram*.

Para efetiva implementação prática e desenvolvimento do projeto de extensão, foi necessário atender duas premissas básicas: 1) a importância de ouvir e responder a comunidade com a linguagem adequada ao público; 2) ter um canal de comunicação bastante acessível à comunidade.

No intuito de realizar a Extensão como prática institucional para a construção do conhecimento interdisciplinar entre ciência e arte, foram realizadas ações dialógicas dentro do projeto, e em conformidade com a vivência de cada artista e professor atendido pelo projeto, respeitando suas próprias experiências com o processo fotográfico escolhido. Portanto, não existe uma linha preliminar/fixa de conteúdo a ser estudado, como também não há uma proposta específica sobre o que apresentar sobre o processo fotográfico. Cada professor, cada artista, a partir de sua própria vivência e impressões, pode apresentar uma dúvida, com a premissa de será ouvido e receberá as respostas com base científica e em linguagem adequada.

Considerações finais

Os discentes participantes do projeto têm a oportunidade de vivenciar a integração entre diferentes áreas do conhecimento através da troca de conhecimentos científicos, vivências artísticas e fotográficas, experiências culturais e percepções pessoais. Dessa forma as ações do projeto valorizaram e incentivaram a construção de processos dialógicos e de interação e a socialização de conhecimento entre comunidade e universidade.

Com base na divulgação cientifica e em estratégias de compartilhamento de saberes em redes sociais, acadêmicos e docentes experienciam um trabalho de extensão que promove uma prática acadêmica diferenciada, que valoriza o diálogo e a existência do conhecimento e repertório individual e coletivo dos envolvidos. Os diferentes questionamentos apresentados pela comunidade implicam em um planejamento dinâmico das ações com reorientação constantes das ações do projeto.

A experiência compartilhada e desenvolvida por meio das ações do projeto demonstra a importância da utilização de divulgação científica na internet e a oferta de projetos de extensão pelas universidades. O uso das redes sociais como canal de comunicação oferece possibilidades que vão além da simples utilização de recursos tecnológicos, ela permite a

construção de comunidades virtuais, oportunizando a comunicação direta com a comunidade, criando espaços de diálogos que favorecem a troca de conhecimento. As redes sociais têm também potencial de atingir um público maior, quebrando a barreira de espaços geográficos e de tempo, levando a universidade para além de seus espaços e agendas presenciais.

A adesão e participação da comunidade nas redes, favorece a criação de novos vínculos, estimulando o desenvolvimento de práticas pedagógicas que criam espaços de diálogos, escutas e acolhimento, capazes de fortalecer cada vez mais os vínculos sociais e afetivos desenvolvidos durante a execução do projeto de extensão, favorecendo a aproximação entre a universidade e comunidade.

Sobre as ações extensionistas, pode-se considerar que a proposta projeto, no que diz respeito ao desenvolvimento do Curso de Química, constituiu uma iniciativa valiosa para a implementação da articulação do tripé ensino-pesquisa-extensão para a formação de um profissional atento as questões sociais de forma crítica e ética, e para o crescimento das relações universidade/comunidade. Foi constatado, portanto, que essa articulação permite a formação de graduandos críticos/reflexivos acerca da linguagem acessível ao público, assim como a experimentação de ações extensionistas com interface com a pesquisa, sendo essa última direcionada a questões do público atendido pelo projeto.

O projeto aproxima Universidade e sociedade de forma direta, atendendo demandas, permitindo a interação entre os discentes que trabalham com os conhecimentos acadêmicos, com as pessoas que podem aplicar o conhecimento adquirido por meio do projeto em suas próprias atividades profissionais. O projeto visa, assim, que todas as atividades sejam realizadas de forma integrada, universidade-pesquisador-discente-sociedade. Salienta-se a importância da divulgação dos estudos, experimentos e aplicações desenvolvidos durante a execução do projeto para a comunidade por meio de oficinas, nas redes sociais, ou ainda na forma de artigos/capítulos de livros, com toda a fundamentação teórica, dão autonomia para que as práticas possam ser executadas pela própria comunidade, auxiliando na transformação de suas vidas profissionais.

Referências

BUENO, W. C.; A Divulgação da Produção **Científica no Brasil**: A Visibilidade da Pesquisa nos Portais das Universidades Brasileiras, Brasil. Ação Midiática, n. 7, 2014.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CP Nº 7/2018**, de 18 de dezembro de 2018. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regulamenta o disposto na Meta 12.7 da Lei Nº 13.005/2014, que aprova o Plano Nacional de Educação - PNE 2014-2024 e dá outras providências.

CONSELHO SETORIAL DE GRADUAÇÃO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. **Resoluções Nº 71/2023, 99/2023, 116/2023 e 117/2023.** A provação das reformas curriculares com inserção da extensão nos PPCs dos Cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química.

CORRÊA, Edílson José (org). **Extensão Universitária**: organização e sistematização/Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras. Belo Horizonte: Coopmed, 2007.

ESCOBAR, H. Divulgação Científica: faça agora ou cale-se para sempre. **Revista ComCiência,** 2018. Disponível em: <http://www.comciencia.br/divulgacao-cientifica-faca-agora-ou-cale-se-para-sempre/>.

FORPROEX. **Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras e SESu/MEC**. Plano Nacional de Extensão Universitária, Edição Atualizada. Brasil, 2001.

MARTINELLI, S. G.; CORRÊA, A. C.; JUNIOR, V. F. S.; Sistema de gestão do conhecimento em universidades: o módulo de avaliação dos níveis de divulgação da produção científica.; 3 º **Simpósio de Avaliação da Educação Superior**; Florianópolis - SC, Setembro, 2017

MORIZOT, O.; AUDUREAU, E.; BRIEND, J.; HAGEL, G.; BOULC'H,F.; Introducing the Human Element in Chemistry by Synthesizing Blue Pigments and Creating Cyanotypes in a First-Year Chemistry Course. **Journal of Chemical Education**. 2015, 92, 74−78.

NATAL, C. B.; ALVIM, M. H. A divulgação científica e a inclusão social. **Revista do EDICC** (Encontro de Divulgação de Ciência e Cultura), v.5, n.5, 2018.

WARE, M.; Prussian Blue: Artists' Pigment and Chemists' Sponge; **Journal of Chemical Education.** Vol. 85 No. 5 May 2008

Capítulo 2

Desenvolvimento de técnicas de processamento digital de sinais aplicadas à qualidade de energia no Núcleo de Instrumentação e Processamento de Sinais (NIPS) - UFJF

Carlos Augusto Duque [2]
Eder Barboza Kapisch [3]
Leandro Rodrigues Manso Silva [4]

Palavras Iniciais

O presente capítulo traz uma descrição de atividades de iniciação científica realizadas por alunos de graduação dos cursos de Engenharia Elétrica da UFJF orientados no Núcleo de Instrumentação e Processamento de Sinais (NIPS). Por meio do NIPS, são desenvolvidas pesquisas inovadoras voltadas para a avaliação e melhoria da Qualidade de Energia (QE). Os alunos envolvidos aprendem a implementar técnicas de processamento digital de sinais aplicados aos sinais dos Sistemas Elétricos de Potência (SEP), utilizando equipamentos de ponta para testes em laboratório e prototipagem em tempo real. Dentre as técnicas pesquisadas, destacam-se métodos de detecção de novidades em sinais de formas de onda de tensão e corrente elétricas, fundamentais para identificar anomalias e garantir a estabilidade do SEP; estimação de fasores harmônicos, essenciais para a análise precisa das distorções harmônicas que afetam a QE; e técnicas de equalização de canais de medição de energia, otimizando a precisão das medições e contribuindo para uma gestão mais eficaz do consumo e distribuição de energia elétrica. Essas iniciativas são vitais para o setor elétrico brasileiro, promovendo a sustentabilidade e a economia de recursos ao melhorar a detecção e correção de falhas, além de garantir medições mais precisas. As pesquisas desenvolvidas no NIPS não

[2] Doutor em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Departamento de Circuitos Elétricos, Faculdade de Engenharia (UFJF), E-mail: carlos.duque@ufjf.br, Orcid: 0000-0003-2631-6989.
[3] Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Circuitos Elétricos, Faculdade de Engenharia (UFJF), E-mail: eder.kapisch@ufjf.br, Orcid: 0000-0001-7609-7943.
[4] Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Circuitos Elétricos, Faculdade de Engenharia (UFJF), E-mail: leandro.manso@ufjf.br, Orcid: 0000-0002-6360-0033.

apenas elevam o padrão da QE no Brasil, bem como possuem contribuições no âmbito internacional, através de publicações nos congressos e periódicos indexados da área. Além disso, os trabalhos desenvolvidos oferecem soluções inovadoras para os desafios do uso crescente de fontes de energia renováveis e a integração de tecnologias avançadas em Redes Inteligentes (RI). Ao atuar também na interseção entre a academia e a indústria, os alunos adquirem rica experiência, que será útil em sua formação. Dessa forma, as atividades realizadas no NIPS/UFJF fortalecem a infraestrutura energética nacional, apoiam o desenvolvimento sustentável do setor e subsidiam o fomento de pesquisas que contribuem para a formação dos alunos.

Introdução

A crescente demanda por energia elétrica no Brasil e no mundo tem sido um dos principais desafios enfrentados pelas sociedades modernas (Navarro, 2023), fazendo com que a inserção de fontes de energia renováveis seja um dos principais fatores de influência no planejamento e expansão dos Sistemas Elétricos de Potência (Huang, 2023). Esse aumento na demanda exige não apenas a expansão da capacidade de geração, mas também a melhoria na transmissão e na distribuição da energia elétrica (Chen, 2023). Tal realidade pode afetar a Qualidade de Energia (QE) fornecida aos consumidores (da Silva, 2024).

A área de QE tem se tornado cada vez mais importante à medida que o SEP se expande, pois uma correta avaliação da mesma permite que os parâmetros das grandezas elétricas sejam mantidos em conformidade com as normas e padrões nacionais e internacionais (IEC, 2021; ANEEL, 2021). Uma boa QE visa melhorar o estado de operação dos SEP. Isso tem se tornado cada vez mais desafiador, à medida em que novos tipos de cargas não lineares e fontes de geração distribuídas têm se disseminado (Rani, 2024).

Diante dessa realidade, os SEP têm passado por um processo de modernização e sofisticação. Novas tecnologias, como inversores de frequência, veículos elétricos e fontes de energia renovável, estão sendo integradas à rede. A incorporação de sistemas inteligentes de monitoramento, controle e proteção têm sido amplamente adotada. Uma rápida comunicação, eficiente manipulação e transmissão de dados são necessárias para sistemas de proteção. Esses fatores têm contribuído para a consolidação das Redes Inteligentes (RI) (Ezeigweneme, 2024).

Uma RI é uma rede elétrica avançada que utiliza tecnologias de comunicação e automação para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a sustentabilidade do fornecimento de energia. Em uma RI, a interconexão de sensores e integração de dispositivos promovem a

otimização, eficiência, autonomia e autorrecuperarão a falhas ao SEP (Olatunde, 2024). Essas inovações exigem técnicas avançadas de processamento de sinais para monitorar e controlar a QE de forma eficaz.

Nesse contexto, a constituição de laboratórios de pesquisa focados em novas tecnologias e técnicas de processamento de sinais voltados para a QE é essencial. Tais ambientes permitem a investigação e a implementação de soluções inovadoras que podem melhorar a eficiência e a confiabilidade do SEP, contribuindo para a evolução das RI e para a sustentabilidade energética.

O Núcleo de Instrumentação e Processamento de Sinais (NIPS) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) é um exemplo de laboratório dedicado a essa missão. No NIPS, o grupo de pesquisa em Processamento de Sinais e Inteligência Computacional Aplicados a Sistemas de Potência (PSCOPE) desenvolve diversas atividades envolvendo técnicas de Processamento Digital de Sinais (PDS) aplicadas aos sinais de QE dos SEP. Essas técnicas são fundamentais para o desenvolvimento de soluções que buscam mitigar os problemas de QE, garantindo a estabilidade e a eficiência do sistema.

No NIPS, os alunos de graduação que atuam junto ao corpo de membros do PSCOPE realizam atividades de iniciação científica que permitem o contato direto com a aplicação do método científico no desenvolvimento de trabalhos na área de QE. Diversas frentes tecnológicas são exploradas, incluindo métodos inovadores de estimação de parâmetros, detecção de distúrbios elétricos, estimação de fasores harmônicos e inter-harmônicos, equalização de transformadores, calibração de sistemas de medição, dentre outras atividades.

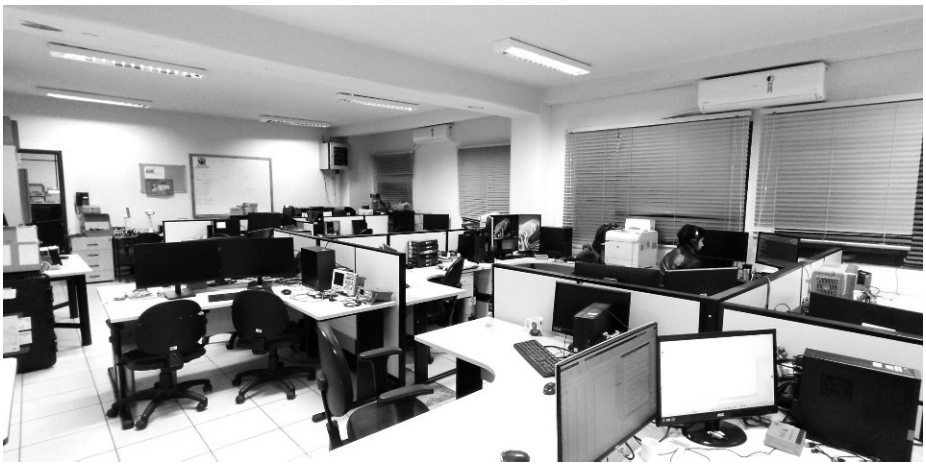
Além do desenvolvimento e proposição de técnicas de PDS em nível de simulação computacional, os alunos também aprendem a realizar a implementação em tempo real dessas técnicas, permitindo a produção de protótipos funcionais, testes no mundo real dos algoritmos desenvolvidos e validação da eficácia de técnicas propostas. Tais trabalhos podem ser úteis no desenvolvimento de novos equipamentos de monitoramento e controle de sistemas de QE aplicáveis ao contexto das RI.

Graças à infraestrutura existente no NIPS, os alunos têm acesso a tecnologia de ponta para o desenvolvimento e aprimoramento das técnicas estudadas. Entre os equipamentos disponíveis, destacam-se fontes geradoras de sinais, geradores de funções, geradores de potência, osciloscópios de alta precisão, data loggers, analisadores de qualidade de energia, plataformas para implementação em tempo real de sistemas digitais, kits de desenvolvimento baseados em *Field Programmable Gate Array* (FPGA), plataformas microcontroladas baseadas em *Digital Signal Processors* (DSP), analisadores lógicos, plataformas de

implementação de dispositivos de Internet das Coisas (IoT), bancadas para desenvolvimento de Placas de Circuito Impresso (do inglês, *Printed Circuit Board* (PCB)) e estação de soldagem, além de computadores de última geração. A Figura 1 mostra uma visão panorâmica do NIPS. Já a Figura 2 mostra imagens de alguns exemplos de equipamentos existentes à disposição dos alunos que trabalham e cooperam com as atividades no NIPS.

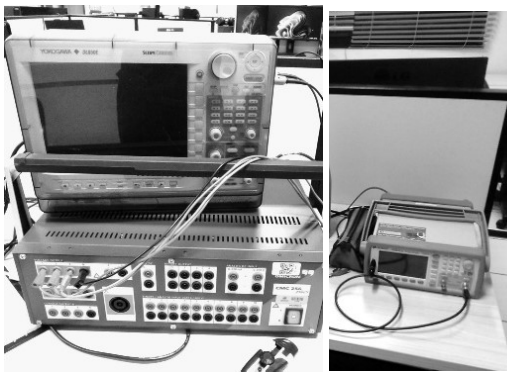
Com essa estrutura à disposição, os alunos orientados podem dar liberdade às suas ideias, fomentadas pelo aprendizado teórico em sala de aula, resultando na criação de dispositivos úteis para aplicações em QE. Dessa forma, o NIPS contribui para o crescimento da área de QE tanto nacional quanto internacionalmente, através da publicação de trabalhos em congressos e periódicos indexados da área.

Figura 1: Visão geral do laboratório NIPS.

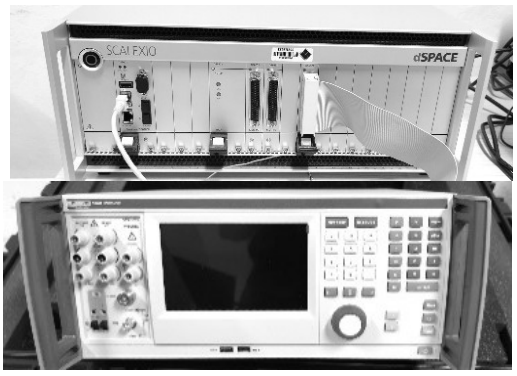


Fonte: Própria autoria.

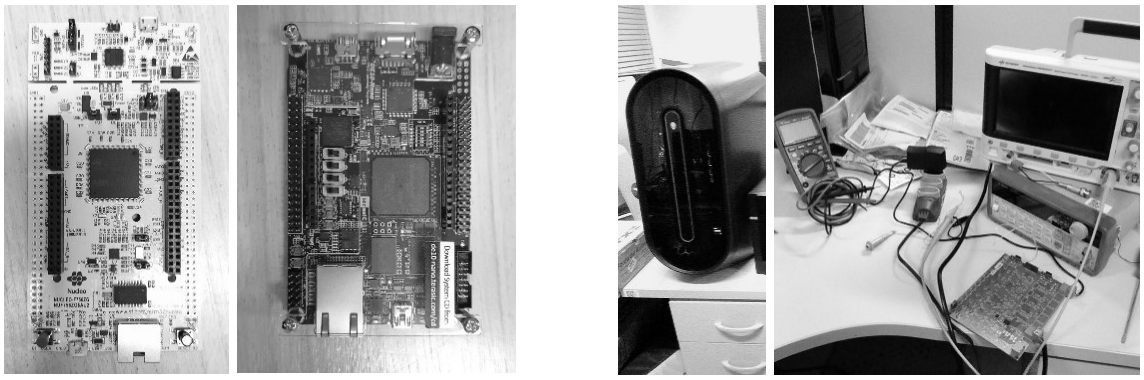
Figura 2: Fotografias da infraestrutura do NIPS. (a) Equipamentos de geração de funções e de potência. (b) Plataforma de desenvolvimento e testes de Hardware-in-the-Loop (HIL) e de calibração. (c) Kits de desenvolvimento FPGA e DSP. (d) *Workstation* de alto desempenho e bancada de desenvolvimento e testes de PCB.



(a)



(b)



(c) (d)

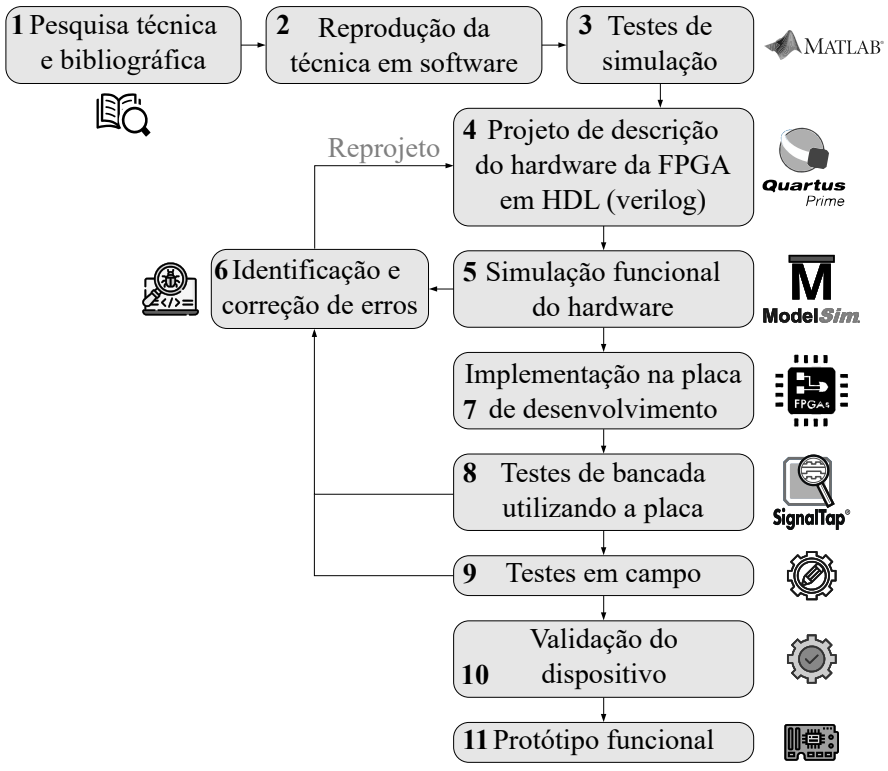
Fonte: Própria autoria.

A seção a seguir descreve a metodologia de implementação dos algoritmos de PDS em tempo real utilizando kits didáticos de desenvolvimento.

Metodologia de Implementação das Técnicas de PDS em Tempo real

Para as implementações das técnicas de PDS aplicadas a QE nos SEP, os alunos de iniciação científica do NIPS em cooperação com o grupo PSCOPE foram orientados a utilizarem kits de desenvolvimento baseados em FPGA. O fluxo de processos executados durante a implementação pode ser visto na Figura 3, a fim de se chegar a um protótipo funcional de um dispositivo.

Figura 3: Fluxograma de implementação das técnicas de detecção de novidade em plataforma FPGA.



Fonte: Própria autoria.

Inicialmente, os alunos realizam uma busca bibliográfica guiada sobre o tema proposto, com o intuito de se familiarizarem com o estado da arte do tópico de pesquisa. Em seguida, após uma seleção criteriosa de trabalhos envolvendo a técnica em estudo, os alunos são orientados numa reprodução da pesquisa via software. Nesta fase, geralmente utiliza-se o software MATLAB®.

Em seguida, os alunos realizam o projeto de descrição de hardware em FPGA através de uma linguagem de descrição de hardware (HDL), como verilog, no ambiente de sintetização Quartus Prime Lite®, seguido de uma simulação das funcionalidades do hardware no ModelSim®. Nesta etapa, é possível identificar possíveis erros de projeto ou da funcionalidade proposta, o que permite a correção desses erros em uma etapa de reprojeto.

Uma vez corrigidos erros de funcionalidade, passa-se para a implementação em uma placa de kit de desenvolvimento. Nesta fase, testes com sinais sintéticos produzidos no laboratório permitem que se tenha uma avaliação mais ampla do funcionamento do dispositivo no mundo real, sendo possível a identificação de erros não vistos na fase de simulação funcional. Caso haja algum erro, volta-se ao reprojeto.

Após os testes de bancada, passa-se para os testes em campo, com sinais reais. Se o dispositivo ainda apresentar algum erro não visto, mais uma etapa de reprojeto é necessária para que o dispositivo seja validado.

Ao fim das etapas do fluxo descrito, tem-se um protótipo funcional validado. Tal protótipo pode ser útil para compor um equipamento de instrumentação, medição, detecção de distúrbios ou estimação de algum parâmetro de qualidade de energia.

As seções a seguir trazem mais detalhes a respeito das atividades de iniciação científica desenvolvidas pelo grupo PSCOPE no NIPS, bem como os principais resultados técnicos encontrados e as produções bibliográficas relacionadas.

Detecção de Novidades

A detecção das novidades refere-se à identificação de quaisquer alterações presentes nos sinais de tensão ou corrente. As novidades não se limitam apenas aos distúrbios já conhecidos e bem estabelecidos nas normas, mas a qualquer variação que ocorra na forma de onda. Isso pode ser útil principalmente no contexto das RI, onde eventos ainda não contemplados podem surgir.

A importância da detecção de novidades na área de QE para os SEP é significativa. Nos SEP, há uma grande quantidade de medidores e sensores. Com o advento das RI, esses

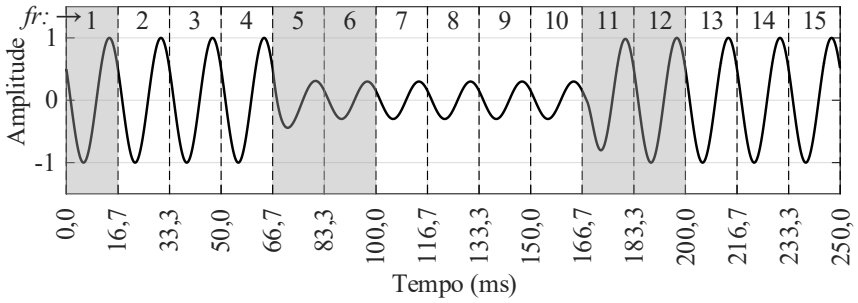
dispositivos tendem a aumentar expressivamente, fornecendo mais informações em tempo real aos sistemas de controle e proteção. Isso resulta em uma quantidade massiva de dados, termo conhecido como Big Data (de Oliveira, 2023). Tal condição pode tornar desafiadoras a manipulação e a transmissão desses dados.

Sendo assim, uma forma eficiente de lidar com tais dados é através da detecção de trechos das formas de onda onde a informação é relevante, ou seja, onde há algum distúrbio envolvido. Esse é, em resumo, o conceito de Detecção de Novidades (DN).

Diferentemente dos registradores de eventos comerciais (Fluke, 2021), o conceito de DN pode promover a preservação das informações relevantes sem a necessidade de armazenar o distúrbio completamente (Silva, 2016). Isso é especialmente útil quando os distúrbios possuem estacionariedade. Tal vantagem pode promover uma otimização do espaço de armazenamento ocupado pelas gravações de eventos (Kapisch, 2016).

Um exemplo simples de DN pode ser visto na Figura 4, na qual um sinal monofásico de tensão normalizado com frequência fundamental igual a 60 Hz é mostrado. O distúrbio ocorre no instante 66,7 ms e dura até o instante 183,3 ms. Durante a ocorrência do distúrbio, no segundo há estacionariedade. Portanto, apenas a entrada e a saída do distúrbio, isto é, as transições possuem novidade. Excetuando-se as transições, o sinal se mantém estacionário. Todo o sinal poderia ser recriado preservando-se apenas informações relevantes.

Figura 4: Exemplo de detecção de novidades com um sinal contendo um distúrbio do tipo sag.



Fonte: Própria autoria.

Dividindo o sinal em segmentos, ou *frames*, a estratégia de manter apenas as partes relevantes se torna mais evidente. Os *frames* abrangendo as transições e *frames* representando os estados de estacionariedade – condição nominal e durante o distúrbio – são suficientes para reconstruir o sinal posteriormente. Preservando-se os *frames* 1, 5, 6, 11 e 12, preserva-se também o sinal como um todo. Assim, podemos aplicar o conceito de detecção de novidades e dizer que os *frames* destacados na figura são *frames* de novidade, enquanto os outros *frames* não possuem novidades.

A DN pode então ser correlacionada com quebras de estacionariedade presentes no sinal. A análise de quebra de estacionariedade pode ser feita através da extração de determinada métrica na comparação entre *frames* e comparando-se o valor dessa métrica a um limiar preestabelecido, ou por meio de alguma ferramenta matemática que evidencie as quebras de estacionariedade dentro de um *frame*.

Diversas métricas podem ser utilizadas para detectar a quebra de estacionariedade. No NIPS, os alunos envolvidos com trabalhos nesse tema desenvolveram pesquisas com várias delas, dentre as quais pode-se destacar:

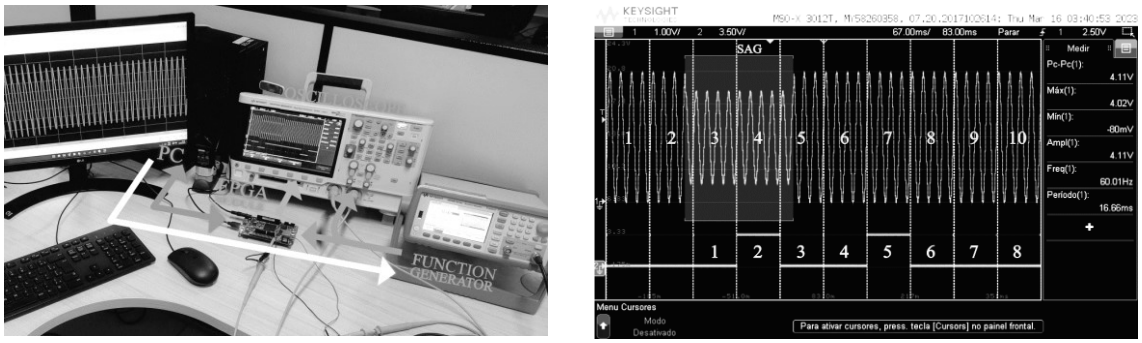
1. Transformada de Stockwell (TS): Esta é transformada tempo-frequência que permite a visualização e identificação de quebras de estacionariedade dentro de um *frame* (Ribeiro, 2022).

2. *Dynamic Time Warping* (DTW): Esta é uma métrica de similaridade que permite a comparação de *frames*, mesmo que eles possuam número diferentes de pontos, o que não é possível na utilização da técnica DE (Pires, 2022).

Os trabalhos descritos em Ribeiro (2022), Ribeiro (2023), Ribeiro (2024a) e Ribeiro (2024b), estão relacionados ao uso da métrica descrita TS para formar um detector de novidades e são resultantes dos trabalhos realizados no NIPS. A Figura 5 mostra a bancada de teste para este dispositivo, bem como um teste de um sinal contendo um distúrbio do tipo sag. Pode ser observado na Figura 5 (b) uma imagem da tela do osciloscópio. O sinal superior nesta tela corresponde à forma de onda de tensão, enquanto o sinal na parte inferior é o indicador (ou *flag*) de novidades. Quando esta *flag* está em nível alto, significa que o sinal superior apresenta alguma novidade, ao passo que, quando ela está em nível baixo, não há novidades (estado estacionário). Assim, é possível notar na Figura 5 (b) que a *flag* de novidades só é acionada nos momentos de transição do distúrbio, uma vez que, para este tipo de evento, há estacionariedade mesmo durante sua ocorrência, mostrando a vantagem do conceito de DN aplicado a sinais de QE.

O trabalho descrito em Pires (2022), também desenvolvido no NIPS, mostra a aplicação do conceito de DN utilizando métricas de similaridade, dentre elas, a DTW. A Figura 6 mostra uma bancada de teste com um protótipo embarcando esta métrica, bem como o resultado de detecção de distúrbio transitório. Pode-se ver na Figura 6 (b), que a *flag* de novidade só é acionada durante o distúrbio até seu completo desaparecimento. A interface mostrada é a do software SignalTap®.

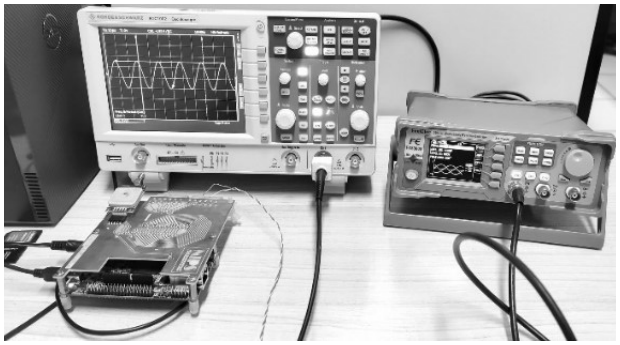
Figura 5: Detector de novidades baseado na métrica TS. (a) Bancada de teste do detector. (b) Funcionamento da detecção em um distúrbio real do tipo sag.



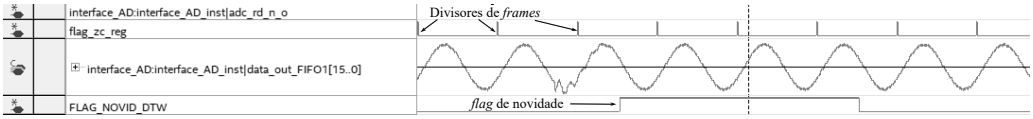
(a) (b)

Fonte: (Ribeiro, 2024a).

Figura 6: Detector de novidades baseado na métrica DTW. (a) Bancada de teste. (b) Funcionamento da detecção em um distúrbio real do tipo transitório.



(a)



(b)

Fonte: Própria autoria.

Estimação de Fasores Harmônicos

A estimação do sincrofasor relativo ao componente fundamental já é bastante difundida na literatura e realizada por diversos equipamentos comerciais, principalmente no nível de transmissão de energia elétrica. Para o avanço da tecnologia de monitoramento de sistemas de potência, a estimação fasorial dos componentes harmônicos, principalmente em cenários de ruído e variações de frequência ainda é um desafio.

O sistema convencional de medição e monitoramento do SEP emprega tecnologias que em geral apresentam desempenho suficiente no que concerne as tarefas de proteção de equipamentos e do próprio SEP. No entanto, em decorrência principalmente do aumento expressivo na demanda de energia e da implantação cada vez maior de sistemas de geração distribuída, o SEP tem-se tornado cada vez mais complexo e dinâmico. Neste cenário, faz-se

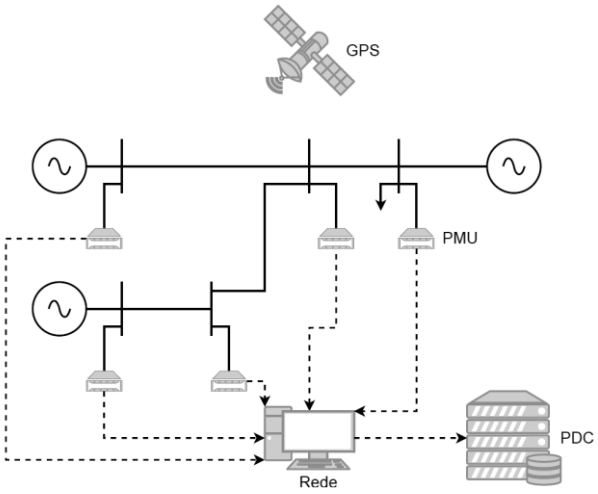
necessário o estudo de técnicas para monitoramento, controle e gerenciamento mais confiáveis do sistema (Phadke, 2008). Dentre as informações relevantes de um SEP, podemos citar os fluxos de corrente nas linhas, as tensões nos barramentos, os estados gerais das interconexões, entre diversas outras. No entanto, estas medições possuem certas limitações, sendo a principal delas a taxa de envio, geralmente da ordem de 2 a 10 segundos. Dessa forma, para avaliar eventos dinâmicos do SEP seria necessário o uso de técnicas e cálculos baseados em modelos e aproximações que, de forma geral, não são sempre confiáveis e podem apresentar custos computacionais elevados (Berg, 2015).

Quanto aos sistemas de monitoramento de grandes áreas (do inglês, *Wide-area measurement systems* (WAMS)), estes surgiram pela primeira vez no final dos anos 60, com o objetivo de estimar o estado do SEP, a partir dos comumente conhecidos Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (do inglês, *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA)). Com o surgimento e evolução dos sincrofasores, as medições dos ângulos de fase, com referência de tempo comum em pontos fisicamente distantes do sistema, se tornam possíveis e fazem com que as WAMS sejam ainda mais responsivas.

De forma geral, um sistema de medição fasorial sincronizada é constituído por três grupos de dispositivos. São eles: Unidades de Medição Fasorial (do inglês, *Phasor Measurement Unit* (PMU)), uma fonte de sincronismo entre estes equipamentos, obtido a partir do sinal pulso por segundo (do inglês, *pulse per second* (PPS)), fornecido por um GPS e um concentrador dos dados coletados (do inglês, *Phasor Data Concentrator* (PDC)), que pode ser visto como um servidor ou banco de dados, onde as medições são recebidas, em geral através da internet e por protocolos TCP/IP ou UDP, armazenadas e processadas (IEEE, 2014). A Figura 7 ilustra o monitoramento das barras de um sistema de potência a partir de medições fasoriais sincronizadas. Nesta figura, pode-se observar que em todas as barras do sistema representado existe um dispositivo de medição conectado, o que caracteriza um monitoramento ideal.

A maneira tradicional para estimar fasores harmônicos envolve a utilização da Transformada Discreta de Fourier (do inglês, *Discrete Fourier Transform* DFT). No entanto, é amplamente conhecido que a precisão da DFT diminui ao lidar com componentes que ficam fora de sua resolução espectral ou em casos de amostragem assíncrona (Ribeiro, 2013).

Figura 7: Exemplo de um sistema de medição fasorial.



Fonte: Própria autoria.

Vários trabalhos na literatura propõem algum processamento extra para superar esses problemas, como: Li (2021), que propõe um método baseado na DFT interpolada (IpDFT) que pode estimar com precisão os fasores harmônicos em condições dinâmicas, mesmo se o desvio de frequência atingir 5 Hz; e Chen (2018a) que propõe melhorias no método DFT interpolado que suprime os erros causados pela interferência do segundo harmônico.

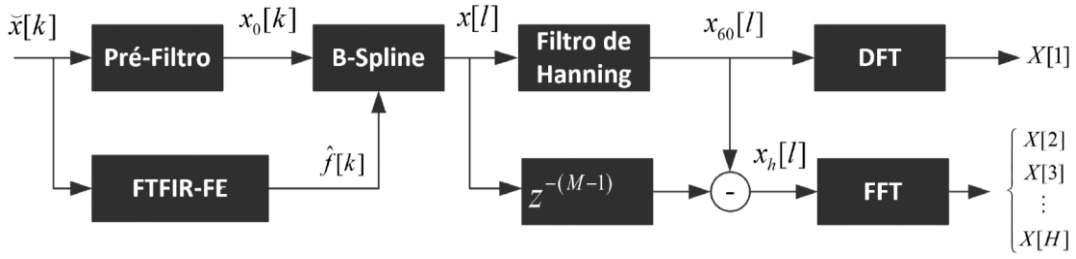
Uma outra abordagem bastante encontrada na literatura, é a utilização de banco de filtros com características específicas, visando mitigar os efeitos negativos ocasionados pelas condições dinâmicas do sinal na estimação do fasor. Como exemplos, pode-se citar: Duda (2018) que utiliza filtros FIR Flat Top para realizar a estimação dos fasores harmônicos até a ordem 50; Chen (2018b), que utiliza interpolação baseada em funções sinc para realizar o projeto dos filtros do banco e apresenta resultados satisfatórios para harmônicos até a 13ª ordem; e Platas-Garza (2010) que utiliza polinômios de Taylor para gerar o banco de filtros.

Dentro do cenário proposto, o grupo de pesquisa PSCOPE desenvolve trabalhos no NIPS em duas principais frentes: i) técnicas de pré-processamento do sinal para a aplicação da transformada de Fourier, e ii) técnicas de implementação eficiente de banco de filtros para a estimação dos fasores harmônicos.

O trabalho descrito em Aleixo (2022) propõe a utilização da interpolação B-Spline como um pré-processamento para a DFT para sincronizar a amostragem e evitar o vazamento espectral. Neste trabalho foram obtidos resultados interessantes para harmônicos até a 50ª ordem em cenários com ruído. A

Figura **8** apresenta um diagrama de blocos do método proposto desenvolvido no NIPS.

Figura 8: Diagrama de blocos do método proposto em Aleixo (2022).



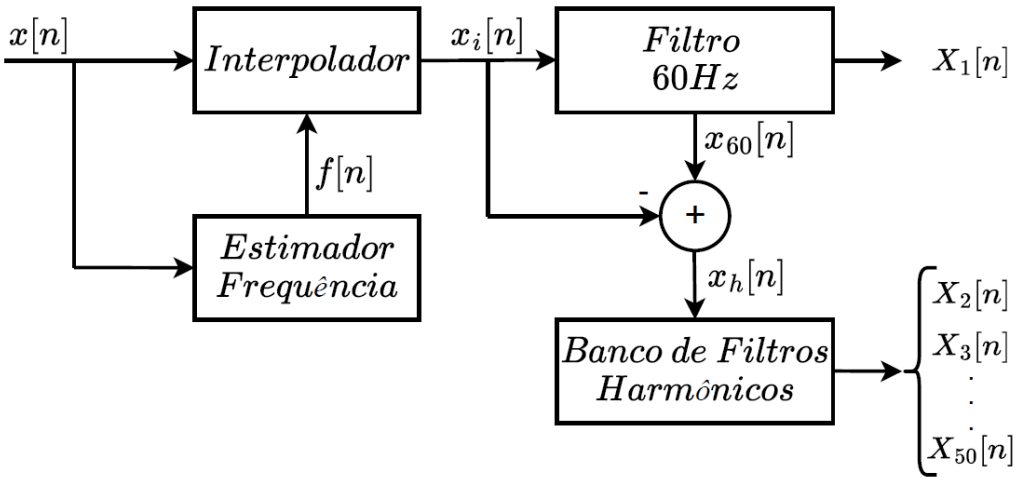
Fonte: Aleixo (2022).

Já em Luiz (2023), é proposto também um pré-processamento baseado em interpolação B-Spline para a técnica de banco de filtros Flat-Top, proposta em Duda (2018), visando reduzir o esforço computacional da mesma. A utilização da interpolação, elimina a necessidade do reprojeto dos filtros, em tempo real, como proposto no trabalho original. Foi alcançada uma significativa redução do esforço computacional (cerca de 98%), sem apresentar queda significativa de desempenho. A Figura 9 mostra um diagrama de blocos proposto para este trabalho, que também foi elaborado no NIPS.

A

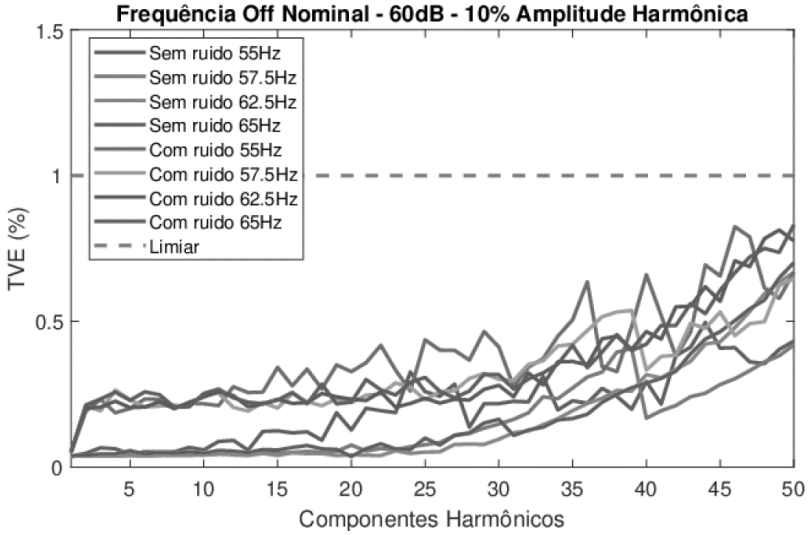
Figura 10 mostra os resultados obtidos pelo método proposto para o caso de sinais com frequência off-nominal. É possível perceber que, a estimação para os 50 componentes harmônicos apresentou erros inferiores ao limiar de 1%, limite estabelecido pela norma IEC60255-118-1.

Figura 9: Diagrama de blocos do método proposto em Luiz (2023).



Fonte: Luiz (2023).

Figura 10: Resultados para o caso de frequência off-nominal obtidos pelo método proposto em Luiz (2023).



Fonte: Luiz (2023).

Equalização de transformadores de instrumentação

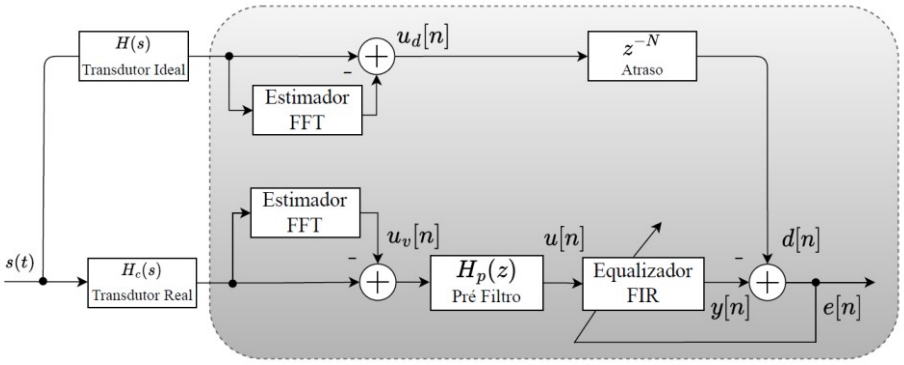
A equalização da resposta em frequência de Transformadores de Instrumentação (TI) é crucial para a QE, considerando que o transformador, que atua como um canal de medição, não apresenta uma resposta constante no domínio da frequência e portanto, distorce os componentes harmônicos e, consequentemente, o próprio sinal que a ser medido. Em redes de média e alta tensão, os transformadores de instrumentação desempenham um papel vital. Eles reduzem a magnitude dos sinais de tensão e corrente para níveis compatíveis com os

equipamentos de medição. Esses transformadores, de custo elevado e projetados para longa vida útil, estão presentes em todas as subestações de energia e são projetados para ter boa acurácia em medições que envolvem apenas o componente fundamental, não sendo adequados para a medição dos componentes harmônicos, podendo apresentar erros de magnitudes e fases superiores a 100%.

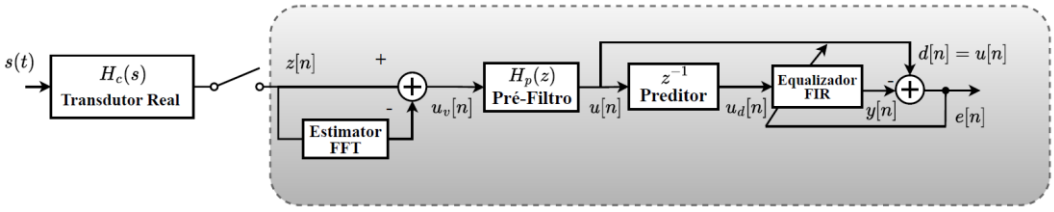
Os TI são divididos em duas categorias: Transformadores de Potencial (TP), e Transformadores de Corrente (TC). Os TPs, também conhecidos como Transformadores de Tensão, são dispositivos monofásicos que desempenham um papel fundamental em medições elétricas. Sua função principal é reduzir a tensão a ser medida para um valor seguro e mensurável, frequentemente em torno de 120 V. No Brasil, os TPs são regulamentados pela norma NBR 6855/2015 (ABNT, 2015a) e desempenham um papel crucial na medição precisa de tensão em sistemas elétricos. Além disso, eles podem ser classificados em duas categorias principais: TPs indutivos e TPs capacitivos, com diferentes construções que se adéquam a aplicações específicas. Já os TCs, regidos pela norma NBR 6856/2015 (ABNT, 2015b), são projetados para reduzir as correntes para níveis mensuráveis, geralmente padronizados em 5A.

Uma possibilidade de aproveitar esses transformadores para a utilização de medição de componentes harmônicos, ou para a aquisição de formas de ondas com distorção reduzida, é a utilização de técnicas de equalização de canal adaptativa, muito utilizadas na área de telecomunicações. Este procedimento, pouco explorado na literatura da área do SEP para a melhoria dos TI é investigado nesta linha de pesquisa desenvolvida no NIPS. A Figura 11 os diagramas das metodologias estudadas para equalização dos TI.

Figura 11: Diagrama de blocos das metodologias propostas para equalização de TI: (a) equalização não cega; (b) equalização cega.



(a)



(b)

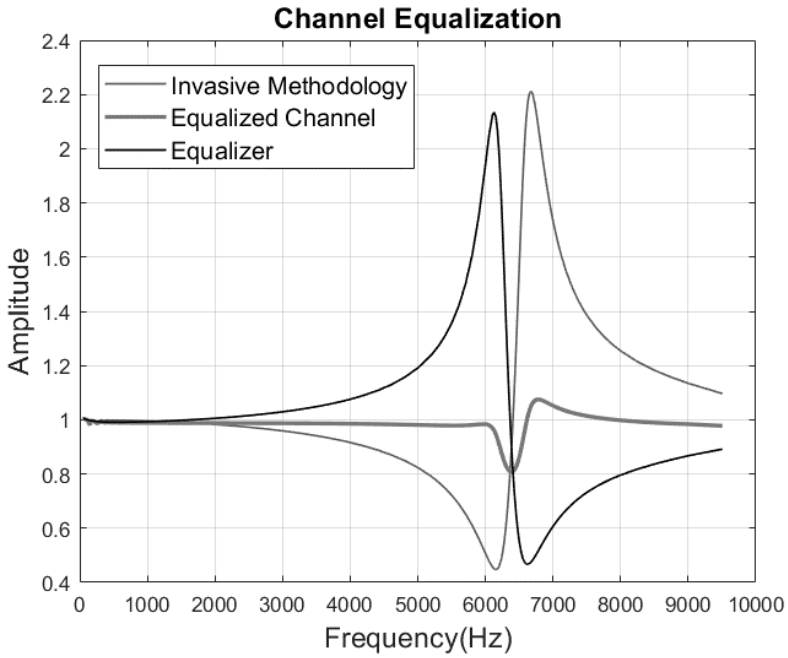
Fonte: Própria autoria.

O objetivo é então equalizar a resposta em frequência H_c do transformador. Na abordagem não cega, é necessário que se tenha um transdutor idel para que seja possível determinar a saída desejada do filtro adaptativo, o que limita a utilização desta aboradagem na prática. Já a abordagem cega não necessita deste transdutor ideal e trabalha apenas com as características do ruído presente no sinal de entrada. Porém, para que apresente um bom funcionamento, o ruído precisa ser caracterizado como ruído branco, o que nem sempre ocorre em casos práticos.

Os algoritmos mais utilizados na literatura para a atualização do fitlro adaptativo, aplicado à equalização do canal são o algoritmo de mínimos quadrados médios, do inglês *Least Mean Squares* (LMS) e o algoritmo de mínimos quadrados recursivo, do inglês *Recursive Least Squares* (RLS) para determinar os coeficientes do equalizador que minimizam a média quadrática do erro de estimativa, do inglês *Mean Square Error* (MSE) (Sergio, 2002).

O resultado mostrado na Figura 12 foi obtido com a equalização não cega de um transformador de tensão indutivo. Para este resultado, utilizou-se sinais reais, enquanto o sinal de referência foi medido com um transformador do tipo divisor capacitivo, que apresenta resposta em frequência plana em toda a região de interesse.

Figura 12: Resultado de uma equalização não cega de um transformador de tensão indutivo.

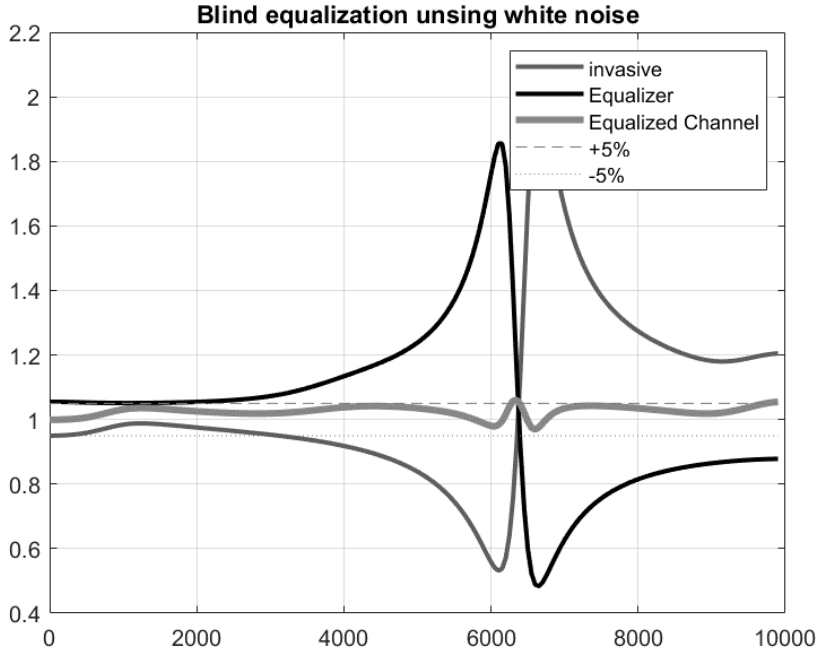


Fonte: Própria autoria.

Já o resultado mostrado na

Figura 13 foi obtido para a equalização cega de um transformador indutivo simulado, considerando a presença de ruído branco na entrada. O resultado é interessante, pois motra o potêncial da técnica cega, que não necessita de um sinal advindo de um transformador de referência, desde que o cenário de operação seja favorável.

Figura 13: Resultado de uma equalização cega utilizando o modelo simulado de um transformador indutivo, considerando ruído branco na entrada.



Fonte: Própria autoria.

Conclusões do capítulo

Este capítulo mostrou as principais atividades de iniciação científica desenvolvidas por alunos de graduação dos cursos de Engenharia Elétrica da UFJF no laboratório NIPS através da participação do grupo de pesquisa PSCOPE. As atividades desenvolvidas integraram a formação dos alunos, fornecendo-lhes mais ampla perspectiva sobre o curso, habilitando-os para o prosseguimento tanto na área acadêmica, quanto no mercado de trabalho. Foram descritos projetos envolvendo técnicas de PDS para detecção de novidades em sinais de QE, estimação de fasores harmônicos e equalização de transformadores de instrumentação, bem como alguns dos principais resultados técnicos e de produção bibliográfica. As atividades desenvolvidas no NIPS têm contribuído para uma capacitação profissional com excelência aos alunos envolvidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia Elétrica (INERGE), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela colaboração no desenvolvimento das atividades de iniciação científica descritas neste capítulo.

Referências

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). (2021). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**, Módulo 8 – Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica.

Aleixo, R. R., Lomar, T. S., Silva, L. R., Monteiro, H. L., & Duque, C. A. (2022). **Real-time b-spline interpolation for harmonic phasor estimation in power systems**. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *71*, 1-9.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2015a). **NBR 6855: Transformador de Potencial Indutivo** [Relatório Técnico]. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2015b). **NBR 6856: Transformador de Corrente Especificações e Ensaios** [Relatório Técnico]. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Berg, A. M., Salehfar, H., & Nejadpak, A. (2015). **Synchrophasor technology: Applications and benefits over conventional measurement**. In *2015 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)* (pp. 158-164). IEEE.

Chen, L., Zhao, W., Wang, Q., Wang, F., & Huang, S. (2018b). **Dynamic harmonic synchrophasor estimator based on sinc interpolation functions**. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *68*(9), 3054-3065.

Chen, L., Zhao, W., Yu, Y., Wang, Q., & Huang, S. (2018a). **Improved interpolated dynamic DFT synchrophasor estimator considering second harmonic interferences**. In 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) (pp. 1-6). IEEE.

Chen, Z., Song, H., Bai, Y., Cai, Q., Zhao, Y., Nie, Z., & Jin, T. (2023). **Transmission expansion planning considering customer interests for wind power integration in electricity power market**. In *2023 2nd International Conference on Smart Grids and Energy Systems (SGES)* (pp. 210-213). IEEE.

Duda, K., Zieliński, T., Turcza, P., & Marszałek, Z. (2018). **Flat-Top Bandpass FIR Hilbert Transformers**. In *2018 International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES)* (pp. 143-146). IEEE.

Ezeigweneme, C. A., Nwasike, C. N., Adefemi, A., Adegbite, A. O., & Gidiagba, J. O. (2024). **Smart grids in industrial paradigms: a review of progress, benefits, and maintenance implications:** analyzing the role of smart grids in predictive maintenance and the integration of renewable energy sources, along with their overall impact on the industri. *Engineering Science & Technology Journal*, *5*(1), 1-20.

Fluke (2021). **Analisadores de Qualidade de Energia Trifásica Série 1770.** (datasheet). Fluke Corporation.

Huang, H., Wang, Y., Liu, S., Wang, S., Tang, L., Xu, D., & Shen, C. (2023). **Stochastic Generation Expansion Planning Considering Renewable Integration**. In *2023 6th International Conference on Energy, Electrical and Power Engineering (CEEPE)* (pp. 1301-1305). IEEE.

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). (2014). **IEEE standard for synchrophasor measurements for power systems–amendment 1**: Modification of selected performance requirements. *IEEE Std C37. 118.1 a-2014 (Amendment to IEEE Std C37. 118.1-2011)*, *2014*, 1-25.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2021). **IEC 61000-4-30: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30**: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.

Kapisch, E. B., Silva, L. R. M., Cerqueira, A. S., de Andrade Filho, L. M., Duque, C. A., & Ribeiro, P. F. (2016). **A gapless waveform recorder for monitoring Smart Grids**. In *2016 17th international conference on harmonics and quality of power (ICHQP)* (pp. 130-136). IEEE.

Li, W., Zhang, G., Chen, M., Zhong, H., & Geng, Y. (2021). **Dynamic harmonic phasor estimator considering frequency deviation**. IEEE Sensors Journal, 21(21), 24453-24461.

Luiz, M. M., Dutra, L. D. A., Aleixo, R. R., Silva, L. R. M., Duque, C. A., & Ribeiro, P. F. (2023). **Estimação de Fasores Harmônicos Utilizando Banco de Filtros DFT Uniforme em sua Implementação Polifásica**. In *2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE)* (pp. 1-7). IEEE.

Navarro, C. E. B., Álvarez-Quiroz, V. J., Sampi, J., & Sánchez, A. A. A. (2023). **Does economic growth promote electric power consumption? Implications for electricity conservation, expansive, and security policies**. *The Electricity Journal*, *36*(1), 107235.

Olatunde, T. M., Okwandu, A. C., Akande, D. O., & Sikhakhane, Z. Q. (2024). **The impact of smart grids on energy efficiency**: a comprehensive review. *Engineering Science & Technology Journal*, *5*(4), 1257-1269.

Oliveira, R. A., & Bollen, M. H. (2023). **Deep learning for power quality**. *Electric Power Systems Research*, *214*, 108887.

Phadke, A. G., & Thorp, J. S. (2008). **Synchronized phasor measurements and their applications** (Vol. 1, No. 2017). New York: Springer.

Pires, P. V. L., Travassos, F. C., Kapisch, E. B., Silva, L. R. M., Duque, C. A., & Ribeiro, P. F. (2022, May). **Novelty Detection Based on Dynamic Time Warping Similarity Metric Applied to Power Quality Signals**. In *2022 20th International Conference on Harmonics & Quality of Power (ICHQP)* (pp. 1-6). IEEE.

Platas-Garza, M. A., & de la O Serna, J. A. (2010). **Dynamic harmonic analysis through Taylor–Fourier transform**. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *60*(3), 804-813.

Rani, P., Parkash, V., & Sharma, N. K. (2024). **Technological aspects, utilization and impact on power system for distributed generation**: A comprehensive survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *192*, 114257.

Ribeiro, P. F., Duque, C. A., Ribeiro, P. M., & Cerqueira, A. S. (2013). **Power systems signal processing for smart grids**. John Wiley & Sons.

Ribeiro, V. M. (2024b). **Detector de novidades de sinais de qualidade de energia baseado em transformada de Stockwell utilizando um processador soft core embarcado em plataforma FPGA** [Dissertação de mestrado] Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/16980

Ribeiro, V. M., dos Santos, N. D. S. M., Kapisch, E. B., Silva, L. R. M., & Duque, C. A. (2022). **Implementação da transformada de Sotckwell em plataforma FPGA aplicada à detecção de novidades em sinais de qualidade de energia utilizando processador soft-core**. In *Congresso Brasileiro de Automática-CBA* (Vol. 3, No. 1).

Ribeiro, V. M., Santos, N. D. S. M. D., Kapisch, E. B., Silva, L. R. M., & Duque, C. A. (2024a). **Real-Time Implementation of Stockwell Transform in FPGA Platform Using Soft-core Processor Applied to Novelty Detection in Power Quality Signals**. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 1-13.

RIBEIRO, Victor Mendes. (2023). **Detector de Novidades de Sinais de Qualidade de Energia Baseado em Transformada de Stockwell Utilizando um Processador Soft-core Embarcado em Plataforma FPGA**. Trabalho apresentado em Anais da XV Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica.

Sergio, D. P., & Diniz, R. (2002). **Adaptive Filtering**: Algorithms and Practical Implementation. 4th ed. Springer.

Silva Neto, W. A., Bittencourt, M. V. L., & Monsueto, S. E. (2024). **Addressing low-quality electricity service for low-income consumers**: Empirical evidence from Brazil. *Utilities Policy*, *88*, 101760.

Silva, L. R. M., Kapish, E. B., Duque, C. A., de Andrade Filho, L. M., Cerqueira, A. S., & Ribeiro, P. F. (2016, July). **The concept of novelty detection applied to power quality**. In *2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM)* (pp. 1-5). IEEE.

Capítulo 3

Sistema de controle de temperatura educacional

Daniel de Almeida Fernandes[5]
Ana Sophia Cavalcanti Alves Vilas Boas[6]
Pedro Henrique Coutinho Conde[7]

Introdução

Este capítulo apresenta um Sistema de Controle de Temperatura (SCT) educacional seguro, compacto, portátil e de baixo custo. Desenvolvido para servir de recurso didático a ser utilizado durante aulas teóricas, o SCT é uma ferramenta útil no apoio ao ensino de vários conteúdos de Engenharia Elétrica — circuitos elétricos, eletrônica, programação, sinais e sistemas, sistemas de controle, entre outros. Ele foi proposto por Dalton et al. (2023b). Alguns aspectos técnicos e educacionais foram mais aprofundados nos trabalhos de Dalton et al. (2023a) e de Lopes et al. (2023), respectivamente. O SCT é operado através de uma Interface de Usuário (IU) dedicada, apresentada por Conde et al. (2024).

O SCT nasceu da percepção, crescente ao longo dos anos de prática docente, da necessidade de levar para dentro das salas de aula mais exemplos práticos e palpáveis da área de controle automático de sistemas dinâmicos, oferecendo recursos didáticos que pudessem favorecer a compreensão dos conteúdos e motivar os discentes a estudá-los. A área de controle automático de sistemas dinâmicos (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009; Åström & Wittenmark, 1997) é baseada em conceitos abstratos e ferramental matemático complexo, como o cálculo diferencial e integral, nem sempre bem compreendidos e suficientemente bem assimilados pelos discentes, dada sua formação escolar deficiente em matemática (Godoy & Almeida, 2017), e não somente em matemática, o que resulta, muitas vezes, na desistência dos cursos de engenharia (Godoy & Almeida, 2017; Ministério da Educação [ME], 2019).

[5] Doutor em Engenharia de Sistemas. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Departamento de Energia Elétrica. *E-mail*: daniel.fernandes@ufjf.br
[6] Doutora em Sistemas de Energia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Departa-mento de Energia Elétrica. *E-mail*: sophia.cavalcanti@ufjf.br
[7] Graduando em Engenharia Elétrica – Robótica e Automação Industrial. Universidade Federal de Juiz de Fora. *E-mail*: pedro.conde@engenharia.ufjf.br

O SCT possibilita que diferentes teorias e técnicas da área de controle automático sejam exemplificadas, testadas e comparadas na prática durante aulas teóricas, aproximando teoria e prática dentro de sala de aula. Por exemplo:

- Modelagem — análise, interpretação e modelagem do circuito eletrônico e do subsistema térmico; coleta, tratamento, análise e interpretação de dados; identificação de sistemas;
- Controle — estratégias/técnicas de controle automático; sintonia de controladores; técnicas de otimização; controle inteligente;
- Aspectos práticos — real vs. ideal; tempo contínuo vs. tempo discreto; não linearidades; variação de parâmetros; saturação do atuador; distúrbios; erros de quantização; ruído eletromagnético; filtragem de sinais.

Além disso, o funcionamento do circuito eletrônico do SCT, especialmente desenvolvido com propósitos didáticos, sua Placa de Circuito Impresso (PCI) e a programação do microcontrolador da placa Arduino Nano, entre outros aspectos de destaque, podem ser explorados durante as aulas teóricas de outras disciplinas, não relacionadas à área de controle automático.

Há um grande número de trabalhos que propõem recursos didáticos que podem auxiliar no processo de ensino/aprendizagem de disciplinas relacionadas à área de controle automático, dado que esta é uma preocupação de engenheiros docentes, como relataram Gomes *et al*. (2011). Exemplos recentes, similares de alguma maneira ao SCT aqui apresentado, foram apresentados por Ferreira *et al*. (2018) e Silva *et al*. (2021). O desenvolvimento da IU foi influenciado, até certo ponto, pelos trabalhos de Barbosa et al. (2023) e Guzmán *et al*. (2014).

Esforços têm sido empreendidos, principalmente através de projetos de Iniciação Científica (IC), para aprimorar as funções existentes e implementar novas funções, no SCT como na IU dedicada.

Importância do ensino prático

É inegável a importância de experimentar na prática os conceitos teóricos reunidos em um curso de Engenharia Elétrica, muitos dos quais são complexos e abstratos. Experimentos práticos facilitam a compreensão desses conceitos e contribuem para su*a* consolidação (Branco *et al.,* 2017; Gomes *et al.,* 2011*;* Graham, 2018*;* Gustavsson *et al*., 2011; Silva *et al*., 2021; Velho *et al*., 2019). Através dos processos de interação sujeito-meio (Fernandes, 2010), os processos mentais se desdobram e alcançam, por meio de associações

de ideias, também as áreas da matemática abrangidas no estudo dos fenômenos físicos. Isso possibilita uma compreensão mais profunda de conceitos avançados, como cálculo diferencial e integral, de acordo com a teoria da aprendizagem formulada pelo biólogo, epistemólogo e psicólogo suíço Jean W. F. Piaget, que enfatizou em sua obra a necessidade de se manter uma postura ativa para aprender.

A experimentação prática é essencial também para a complementação dos conteúdos, pois o tempo limitado em sala de aula não permite o aprofundamento de todos os conceitos mencionados de forma periférica durante as aulas. Dessa forma, parte do conteúdo deve ser estudada e assimilada pelos discentes de maneira independente (Branco *et al*., 2017; Velho *et al*., 2019).

Os experimentos práticos ainda auxiliam na melhoria da cognição (Fernandes, 2010), favorecendo o desenvolvimento de habilidades técnicas essenciais, como observação, reflexão, pensamento crítico, criatividade, análise e resolução de problemas, entre outros (Graham, 2018; ME, 2019; Prestes & Rodrigues, 2016), além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades sociais e éticas indispensáveis ao exercício responsável e ético da engenharia (ME, 2019; Prestes & Rodrigues, 2016; Velho *et al*., 2019).

Experimentos práticos evocam e exemplificam diversos conceitos fundamentais simultaneamente. Eles não podem ser totalmente substituídos por simuladores, pois ainda é impossível reproduzir toda a complexidade da natureza através de um programa de computador (Branco *et al*., 2017; Gustavsson *et al*., 2011; Silva *et al*., 2021). Importa esclarecer que não se intenciona aqui diminuir a importância que as simulações computacionais seguramente têm, mas apenas enfatizar a necessidade da prática experimental para uma formação sólida.

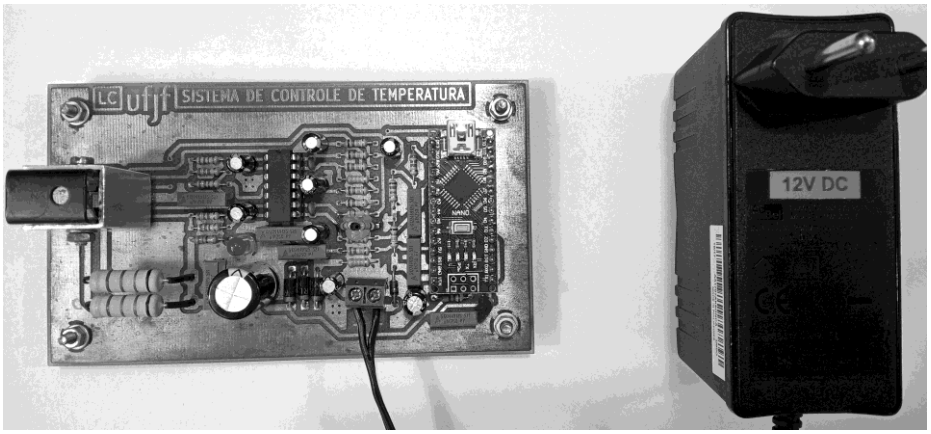
Sistema de controle de temperatura

O SCT é mostrado na Figura 1. O *hardware* completo é formado por uma PCI desenvolvida especificamente para ele, uma fonte de alimentação de 12 V e pelo menos 24 W, e um computador (não mostrado na figura) com o Sistema Operacional (SO) *Windows* instalado, onde a IU é executada.

O conjunto dissipador de calor, posicionado próximo à borda esquerda da PCI, é o elemento da planta que é aquecido. São fixados nele dois transistores de potência (TIP127), responsáveis pelo fornecimento de calor, e um termistor de coeficiente de temperatura negativo (*Negative Temperature Coefficient* (NTC)) para medição da temperatura. Todos os detalhes a respeito do arranjo construtivo são fornecidos por Dalton et al. (2023b). A planta

possui i) uma entrada de controle, ii) uma entrada de distúrbio (conjunto dissipador de calor trabalha exposto ao ambiente, isto é, sem isolamento térmico) e iii) uma saída (temperatura que é medida por meio do termistor NTC (10 kΩ @25 °C)).

Figura 1: SCT. Dimensões aproximadas da PCI (L×A×P): 131×76×45 mm.



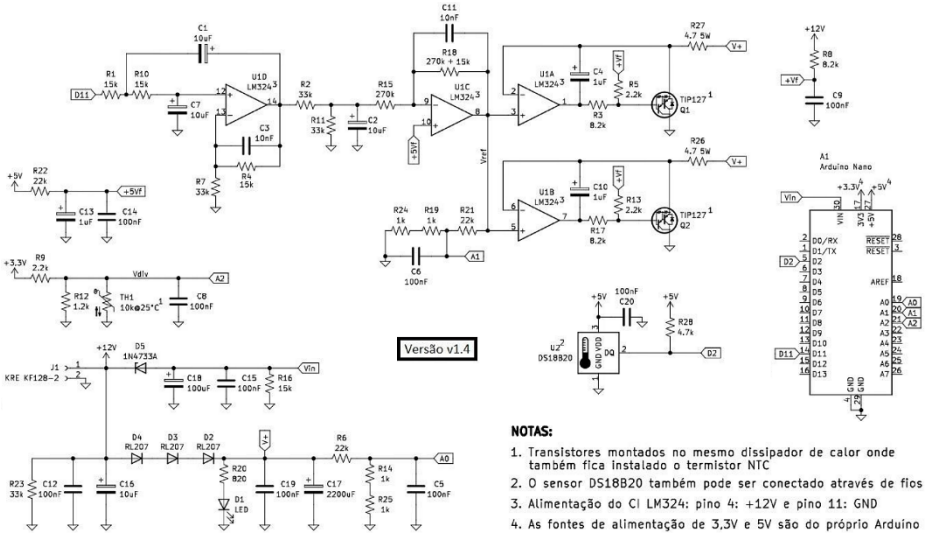
Fonte: Autoria própria (2024).

A placa Arduino Nano desempenha três funções principais: i) monitoramento de sinais para proteção da integridade física do SCT, ii) comunicação serial bidirecional com a IU através de uma conexão do tipo *Universal Serial Bus* (USB) e iii) execução de algoritmos de controle, geração de sinais de referência de temperatura e filtragem digital de sinais (medidas e controle).

A primeira versão do circuito eletrônico, apresentada por Dalton *et al.* (2023a, 2023b), sofreu alterações que objetivaram acelerar a resposta da planta. Essencialmente, houve um aumento da potência máxima que pode ser dissipada pelos transistores de potência, de modo que o dissipador de calor pode ser aquecido um pouco mais rapidamente. Isto provocou outras ligeiras modificações no circuito, necessárias para adequá-lo a trabalhar no novo nível de potência. A versão mais recente do circuito é mostrada na Figura 2 (Conde *et al*., 2024).

O circuito é composto exclusivamente por componentes eletrônicos de uso geral e baixo custo de aquisição, fáceis de encontrar em lojas especializadas. O custo total é estimado em torno de R$ 100,00, excluindo o valor da PCI. A PCI pode ser confeccionada até mesmo artesanalmente e com baixo custo, utilizando alguma das muitas técnicas divulgadas, por exemplo, em plataformas de compartilhamento de vídeos como o *YouTube*. O item mais dispendioso, a placa Arduino Nano (v3.0) com o microcontrolador ATmega328P (memória Flash de 32 kB), pode ser instalado através de um conector (um par de barras de pinos fêmeas 1×15, 180°), possibilitando remoção e compartilhamento se necessário. A mesma ideia aplica-se à fonte de 12 V, cujo custo é similar.

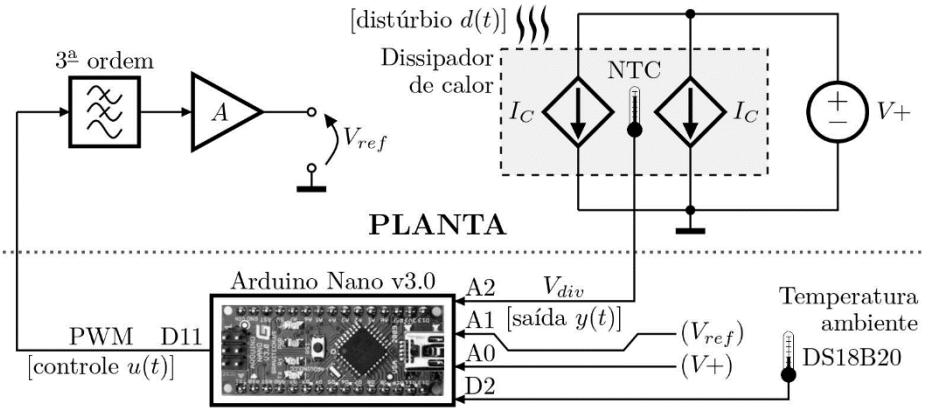
Figura 2: Diagrama esquemático completo do circuito eletrônico do SCT.



Fonte: Eng. Matheus do S. Constantino (2024).

Um diagrama funcional, que combina elementos de um diagrama elétrico com um diagrama de blocos, é mostrado na Figura 3. Ele exprime o circuito eletrônico simplificadamente, subdividindo-o em blocos funcionais para facilitar a interpretação e a compreensão de seu funcionamento. A planta tem destaque no diagrama. O calor emanado pelo dissipador de calor, cedido ao ambiente (distúrbio), também é representado no diagrama.

Figura 3: Diagrama funcional do circuito eletrônico do SCT.



Fonte: Autoria própria (2024).

O bloco do Filtro Passa-Baixas (FPB) de 3ª ordem (Figura 3) corresponde à porção do circuito eletrônico centrada no Amplificador Operacional (AO) U1D e no FPB passivo de 1ª ordem conectado à saída de U1D (Figura 2). Analogamente, o bloco amplificador inversor (ganho $A < 0$) corresponde à par-te do circuito centrada em U1C. Os dois blocos, trabalhando em conjunto, são responsáveis por transformar o sinal de controle, que é modulado por largura de pulso (*Pulse-Width Modulation* (PWM)), na tensão filtrada V_{ref}. Quanto maior a razão

cíclica D (*Duty Cycle* (DC)) do sinal de controle PWM, menor a tensão V_{ref}, mas $V_{ref} > 0$ V sempre. O sinal PWM é emitido pela saída digital D11 da placa Arduino Nano. Uma amostra filtrada da tensão V_{ref} é medida pela placa Arduino Nano através da entrada analógica A1.

Duas Fontes de Corrente Controladas por Tensão (FCCTs) idênticas (Figura 3) são construídas com base nos AOs U1A e U1B e nos transistores de potência Q1 e Q2 (Figura 2). Elas são controladas simultaneamente pela tensão V_{ref}, tal que

$$I_C \approx I_{shunt} \approx (V+ - V_{ref})/4{,}7 \quad (1)$$

onde I_C é a corrente de coletor dos transistores de potência, I_{shunt} é a corrente que atravessa as resistências *shunts* de 4,7 Ω e $V+$ é a tensão de alimentação das FCCTs. Uma amostra filtrada da tensão $V+$ é medida pela placa Arduino Nano através da entrada analógica A0. Devido à configuração PNP dos transistores, quanto menor a tensão V_{ref}, maior a corrente conduzida por eles. A Equação (1) mostra isto claramente. Calor é gerado nos transistores pela condução das correntes I_C. O par de FCCTs gêmeas constitui o atuador da planta. A potência dissipada por cada transistor pode ser computada como

$$P \approx V_{ref} I_C \quad (2)$$

Entretanto, o sinal de controle apresenta uma faixa útil menor do que $0 \leq D \leq 1$. Isto é proposital e assegura a existência de uma reserva de potência do atuador que é útil para compensar os efeitos provocados por distúrbios. Se $D < 0{,}02$, então V_{ref} é suficientemente alta para manter os transistores de potência no estado de corte, uma vez que $V_{ref} > V+$. Neste caso, a Equação (1) não é mais válida. Se $D > 0{,}5$, então V_{ref} é tal que a corrente I_C pode gerar ca-lor excessivo e danificar os transistores e o termistor se a condição persistir por um tempo suficientemente longo. Neste caso, por segurança, assim que a saída atinge a temperatura de 100 °C, o mecanismo de proteção da integridade física do SCT zera tanto o sinal de referência de temperatura ($\mathrm{r(t)} = 0$ °C) quanto o sinal de controle ($u(t) = 0$, ou seja, $D = 0$) (Dalton et al., 2023a, 2023b).

A propósito, dois outros casos em que o mecanismo de proteção mencionado acima atua são: i) sobrecorrente nas FCCTs ($I_C > 750$ mA) e ii) sub-tensão ou sobretensão na alimentação das FCCTs ($V+ < 9$ V ou $V+ > 11$ V).

No lado esquerdo do diagrama esquemático (Figura 2), encontra-se a rede divisora de tensão que inclui o termistor NTC TH1. A tensão filtrada V_{div} é medida pela placa Arduino Nano através da entrada analógica A2. A Figura 3 indica isto de forma simplificada. Com

base na tensão V_{div}, a placa Arduino Nano determina a temperatura do dissipador de calor. Este é o mecanismo de sensoriamento da temperatura de saída da planta.

A exatidão das leituras das tensões V_{div}, V_{ref} e $V+$, bem como da corrente I_{shunt}, depende de calibração. Isto é crucial para i) assegurar a integridade física do SCT, ii) dar segurança à operação do SCT e iii) conferir confiabilidade aos processos tanto de modelagem da planta quanto de controle em Malha Fechada (MF) da planta modelada (Dalton et al., 2023b). A necessidade de calibração surge devido às imperfeições e não idealidades dos componentes eletrônicos, às diferenças nas tensões das fontes de alimentação em comparação com seus respectivos valores nominais e às imperfeições do conversor analógico-digital da placa Arduino Nano. Os procedimentos de calibração são detalhados por Dalton et al. (2023b). Convém salientar que a troca ou substituição da placa Arduino Nano exige recalibração. É fundamental identificar uma placa Arduino Nano compartilhada para que os parâmetros de calibração possam ser reinseridos rapidamente no código (*firmware*) ao reinstalá-la no SCT.

A temperatura ambiente é medida pelo sensor DS18B20 com excelente acurácia na faixa entre -10°C e 85°C. O sensor dispensa calibração. O valor medido já é enviado em formato digital à placa Arduino Nano através de um protocolo de comunicação serial bidirecional proprietário chamado *1-Wire*®. A entrada digital D2 é utilizada para a comunicação serial (Figuras 2 e 3).

O restante do diagrama esquemático representa as fontes de alimentação e as demais conexões com a placa Arduino Nano. Informações detalhadas sobre o circuito eletrônico e outras mais estão disponíveis nos trabalhos de Dalton *et al*. (2023a, 2023b) e Lopes *et al*. (2023).

Por fim, recomenda-se aos leitores interessados em obter mais informações a respeito de filtros analógicos de sinais, fontes controladas (geradores dependentes) e teoria de controle, as seguintes referências: Boylestad e Nash-elsky (2013), Costa (2013), Nilsson e Riedel (2016) e Sedra e Smith (2007), para os dois primeiros itens, e Castrucci *et al*. (2018), Dorf e Bishop (2018), Franklin *et al*. (2009) e Åström e Wittenmark (1997), para o último item.

Modelagem da planta

Uma análise sucinta das Figuras 2 e 3 sugere que a dinâmica da planta é de ordem relativamente alta. Em termos de sistemas lineares, pode-se inferir a existência de polos "lentos", associados aos FPBs e à dinâmica do subsistema térmico, formado pelos transistores

de potência e pelo dissipador de calor, bem como de polos "rápidos", associados principalmente, mas não exclusivamente, às dinâmicas do amplificador inversor e das FCCTs. Há ainda o atraso de trans-porte inerente ao subsistema térmico (Dorf & Bishop, 2018; Egeland & Grav-dahl, 2002; Franklin *et al*., 2009; Garcia, 2022). Rigorosamente, a dinâmica de medição da temperatura através do termistor NTC não faz parte da planta.

Entre as alternativas para lidar com a complexidade descrita acima ao modelar a planta, já antevendo vantagens em trabalhar com modelos lineares, uma alternativa interessante é considerar somente os polos dominantes e desprezar os demais polos (Aguirre, 2015; Castrucci et al., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin et al., 2009). Isto é interessante principalmente para gerar modelos de baixa ordem (1ª ou 2ª ordem), que servem melhor ao propósito didático que orienta o desenvolvimento deste projeto. Assim, a partir de um conjunto de curvas de resposta em Malha Aberta (MA), que só pode ser obtido dessa forma porque a planta é estável em MA, dispõe-se de um conjunto de dados que permite gerar e validar modelos Lineares e Invariantes no Tempo (LITs).

Em vez de utilizar métodos estruturalistas, que são baseados em mecanismos fundamentais de ação, sejam eles elétricos, mecânicos, térmicos, etc., a identificação de sistemas permite construir modelos de sistemas dinâmicos a partir de dados medidos (Aguirre, 2015; Franklin *et al*., 2009; Åström & Wittenmark, 1997). No método de identificação de sistemas, a planta é excitada com um sinal suficientemente rico em informação e sua resposta é medida. Em posse de um conjunto de dados de entrada (excitação) e de saída (resposta), a estrutura e os parâmetros do modelo podem ser definidos interativamente. Este método paramétrico de modelagem é aplicado para estimar parâmetros de modelos de tempo discreto com estruturas predefinidas. Por exemplo, para modelos LITs, isso envolve estimar coeficientes polinomiais utilizando o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) ou algum outro — Método dos Mínimos Quadrados Ponderados (MMQP), Método de Máxima Verossimilhança (MMV), métodos de otimização, etc.). Em relação aos modelos, pode-se citar o autorregressivo com entradas exógenas (*AutoRegressive with eXogenous inputs* (ARX)) e o autorregressivo com média móvel e entradas exógenas (*AutoRegressive Moving Average with eXogenous inputs* (ARMAX)), entre outros que também podem fornecer resultados satisfatórios (Aguirre, 2015). Um modelo obtido através do método de identificação de sistemas deve ser validado, ou seja, sua resposta temporal deve ser comparada com outro conjunto de dados medidos, diferente daquele empregado na estimação dos parâmetros do modelo.

A partir de um modelo de tempo discreto validado, caso seja desejado, pode-se obter um modelo de tempo contínuo na forma de uma ou mais Funções de Transferência (FTs), ou de uma descrição no Espaço de Estados (EE) com uma ou mais entradas (Aguirre, 2015; Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Egeland & Gravdahl, 2002; Franklin *et al*., 2009; Garcia, 2022). Caso contrário, parte-se para a aplicação direta de técnicas de controle digital, trabalhando diretamente em tempo discreto (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009; Åström & Wittenmark, 1997).

Pode-se incorporar ao modelo da planta, caso desejado, tanto i) a dinâmica do sensoriamento de temperatura quanto ii) os atrasos de transporte introduzidos pelos algoritmos de filtragem digital de sinais executados pela placa Arduino Nano. Isto aumenta a complexidade do modelo, por um lado, mas pode simplificar de alguma forma a aplicação de técnicas de controle posteriormente. Por simplicidade, duas médias móveis são utilizadas na filtragem de sinais mencionada, mas algoritmos diferentes também podem ser utilizados. Uma suaviza o sinal proveniente do sensoriamento da temperatura de saída da planta e outra suaviza o sinal de controle aplicado à planta. Ambas são implementadas como filtros de resposta finita ao impulso (*Finite Impulse Response* (FIR)), com coeficientes unitários, eficazes para a suavização de variações abruptas dos sinais (Aguirre, 2015; Arce, 2004; Åström & Wittenmark, 1997). Os sinais filtrados suavizam i) a resposta do sistema de controle e ii) reduzem as taxas de variação do sinal de controle, aliviando a demanda e o estresse, por conseguinte, sobre o atuador (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009).

As principais características do comportamento dinâmico do SCT podem ser modeladas, por exemplo, através das seguintes FTs de tempo contínuo

$$G_{YU}(s) = Y(s)/U(s) \qquad \text{e} \qquad G_{YD}(s) = Y(s)/D(s) \tag{3}$$

em que $G_{YU}(s)$ relaciona a saída $y(t)$ com o sinal de controle $u(t)$, enquanto $G_{YD}(s)$ relaciona a saída $y(t)$ com o distúrbio $d(t)$ (ver Figura 3). A primeira é chamada de FT da planta e a outra de FT de distúrbio. Identificar a FT de distúrbio é dispensável para obter resultados satisfatórios no controle da planta em MF, porém identificá-la permite alcançar resultados ainda mais satisfatórios, a depender da complexidade da estratégia/técnica de controle automático empregada. Algumas FTs da planta foram apresentadas nos trabalhos de Dalton et al. (2023a, 2023b), entretanto, após as alterações feitas no circuito eletrônico (ver Seção “Sistema de controle de temperatura”), todas elas tornaram-se obsoletas.

Ao final do processo de modelagem delineado acima, obteve-se a seguinte estimativa da FT da planta

$$\hat{G}_{YU}(s) = \frac{\tilde{Y}(s)}{U(s)} = \frac{0{,}0455000682\ (s + 1{,}890924)}{s^2 + 0{,}110310s + 0{,}000623761} \tag{4}$$

e a temperatura de saída do SCT foi modelada simplificadamente como

$$y(t) = \tilde{y}(t) + T_{amb}(t) + d(t) = \hat{g}_{yu}(t) * u(t) + T_{amb}(t) + d(t) \tag{5}$$

onde $T_{amb}(t)$ é a temperatura ambiente, que tipicamente varia lentamente, e "$*$" indica a convolução no tempo contínuo.

A FT de tempo contínuo em (4) foi obtida a partir de um conjunto de 10 curvas de resposta em MA ao sinal de controle em degrau ($D = 0{,}48$), cada uma contendo 4000 valores de temperatura. A dinâmica do sensoriamento de temperatura e o atraso provocado pela filtragem digital do sinal de temperatura medido foram refletidos nos dados utilizados na estimação dos parâmetros da FT. Modelos de fase não mínima foram descartados durante o processo de modelagem, assim como modelos de ordens mais elevadas. A FT foi validada a partir de um conjunto de cinco curvas de resposta em MA ao sinal de controle em degrau ($0{,}05 \leq D \leq 0{,}45$), cada uma delas contendo 4000 valores também.

Controle em malha fechada

Até o momento, apenas duas técnicas de controle foram implementadas no SCT: i) o clássico controle Proporcional-Integral-Derivativo (PID) e ii) o controle Liga-Desliga (LD) (*On-Off* (OO)) (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009; Åström & Wittenmark, 1997).

A estrutura escolhida para a implementação do controlador PID foi a paralela. O controlador pode ser sintonizado livremente, mas um conjunto de valores padrão (*default*) ($k_P = 18$, $k_I = 0{,}37$ e $k_D = 95$) é sugerido na IU. Para melhorar seu desempenho, uma estratégia *anti-windup* simples e eficaz foi adicionada: o integrador permanece inativo, e sua saída fica congelada, enquanto o sinal de controle está saturado ($D = 0$ ou $D = 1$).

O sinal de controle aplicado pelo controlador LD assume apenas dois valores: $D = 1$ (ligado), quando a temperatura de saída é inferior à temperatura de referência ($y(t) < r(t)$), e $D = 0$ (desligado), caso contrário.

A estabilidade da MF com controle PID e sem saturação do atuador pode ser analisada através da localização dos polos da FT da MF (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009). Nos demais casos, a análise da estabilidade torna-se mais complexa e além do escopo do capítulo. Contudo, recomenda-se aos leitores interessados no assunto que

busquem mais informações, por exemplo, nos livros de Li e Lin (2018) e de Tarbouriech *et al*. (2011).

Interface de usuário

A IU dedicada substituiu, com vantagens, uma IU precária, desenvolvida em um primeiro momento utilizando a ferramenta "*Plotter* serial", nativa do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (ADI) (*Integrated Development Environment* (IDE)) do Arduino. Todas as funcionalidades da IU anterior foram mantidas na nova IU, e novas funcionalidades foram incluídas, enriquecendo mais o recurso didático e melhorando a experiência dos usuários. Por enquanto, ela funciona apenas no SO *Windows*, porém faz parte dos planos torná-la multiplataforma futuramente, contemplando também os SOs *Linux* e *macOS*.

A IU foi escrita em linguagem de programação C# (Boehm & Murach, 2021; Johns, 2024; Price, 2019), utilizando a ferramenta *Visual Studio*, que é o principal ADI para C#. Esta é uma linguagem de programação moderna e multiparadigma desenvolvida pela *Microsoft Corporation*, desenvolvedora do *Windows*. Ela é a principal linguagem de programação disponível para *Windows*. Duas outras linguagens de programação que poderiam ser utilizadas são *Java* e *Python* (Awari, 2023; Johns, 2024). *Java* é altamente eficaz para o desenvolvimento de aplicações multiplataforma, mas pode apresentar uma curva de aprendizagem inicial mais íngreme, tornando-a menos adequada para a aplicação pretendida. *Python* é excelente para aplicações como aprendizado de máquina (*Machine Learning* (ML)), análise de dados (*Data Analytics* (DA)) e ciência de dados (*Data Science* (DS)), mas pode ser relativamente complexa para o desenvolvimento de aplicações mais simples, se comparada a C#.

Duas metodologias de projeto embasaram o desenvolvimento da IU:

- As oito regras de ouro do projeto de interface (Oliveira & Oliveira, 2015). Das oito regras, as quatro seguintes foram essenciais: i) consistência, ii) *feedback* informativo, iii) estratégias de prevenção de erros e iv) utilização de menor carga de memória (humana) a curto prazo.

  Alto desempenho visual (Goetz, 2019). As recomendações mais importantes extraídas da metodologia dizem respeito à utilização de cores discretas e ao uso de poucos objetos com cores chamativas, além do *design* centrado no ser humano.

Diferentes recursos gráficos são utilizados simultaneamente para facilitar a percepção e a compreensão dos valores das grandezas exibidas pela IU. São eles: i) gráficos atualizados em tempo real, ii) barras de progresso percentual acrescidas dos valores numéricos correspondentes, com duas casas decimais, e as respectivas unidades de medida, também

atualizadas em tempo real e iii) indicador de tempo transcorrido de operação. Tal indicação é imprescindível para o conforto dos usuários ao ler os gráficos, uma vez que o tempo indicado nos gráficos é assinalado pelas estampas de tempo correspondentes aos momentos em que os dados são recebidos pela IU, o que torna a percepção do tempo decorrido insatisfatória na falta de um indicador direto.

Um protocolo de comunicação serial foi desenvolvido especialmente para garantir o sincronismo e a segurança na troca de informações entre a IU e a placa Arduino Nano (Conde *et al*., 2024). O código do SCT foi ajustado de acordo com o protocolo desenvolvido.

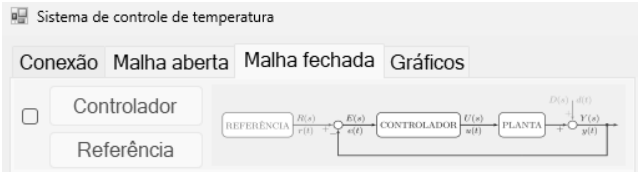
Conforme foi mencionado na Seção "Introdução", esforços contínuos têm sido empreendidos para aprimorar as funções existentes e implementar novas funções. No momento, a IU dedicada (Conde *et al*., 2024):

- Estabelece comunicação serial com o SCT através de uma porta USB;
- Exibe em tempo real alarmes e mensagens relativos à operação do SCT;
- Exibe em tempo real os valores de algumas das grandezas do SCT;
- Possibilita a seleção do modo de operação do SCT: MA ou MF;
- Possibilita a seleção do tipo de controlador desejado, quando da operação do SCT em MF: PID ou LD;
- Possibilita a seleção do tipo de sinal de referência de temperatura e o ajuste dos parâmetros do sinal selecionado, quando da operação do SCT em MF;
- Possibilita a sintonia do controlador PID, quando da operação do SCT em MF. O controlador LD não necessita disso;
- Possibilita a definição direta da razão cíclica do sinal de controle aplicado à planta, quando da operação do SCT em MA;
- Possibilita ativar e desativar individualmente os filtros digitais que suavizam o sinal proveniente do sensoriamento da temperatura de saída da planta e o sinal de controle aplicado à planta;
- Grava temporariamente os dados exibidos em tela e permite exportá-los como arquivos com extensões .CSV e .TXT.

A fim de organizar as funções da IU, foi criado o menu de abas mostrado na Figura 4. Ele fica posicionado no canto superior esquerdo da IU e permite a navegação entre 4 abas distintas. Na aba "Conexão", realiza-se a conexão com a placa Arduino Nano, que deve ser

conectada fisicamente por uma porta USB do computador. Todas as portas em uso são listadas automaticamente. Na aba “Malha aberta”, o SCT pode ser operado em MA. A razão cíclica do sinal de controle pode ser definida diretamente. Na aba “Malha Fechada”, o SCT pode ser operado em MF. O tipo de controlador pode ser escolhido, assim como o sinal de referência de temperatura. Na aba “Gráficos”, personaliza-se os gráficos que exibem, em tempo real, os valores de algumas das grandezas, assim como o tempo decorrido, alarmes e mensagens relativos à operação do SCT.

Figura 4: Detalhe da IU: menu de abas.



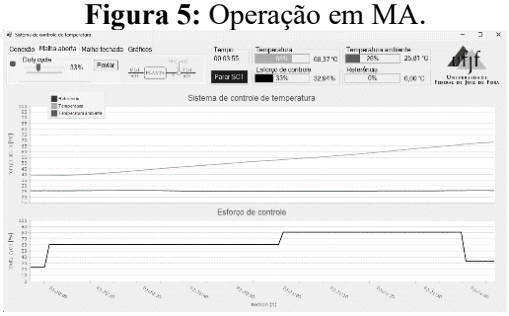
Fonte: Autoria própria (2024).

Resultados práticos

Esta seção apresenta resultados selecionados e imagens de capturas de telas da IU. Não é possível cobrir aqui todas as possibilidades de uso do SCT e da IU. Recomenda-se aos leitores interessados buscarem maiores informações nos trabalhos de Dalton *et al*. (2023a, 2023b) e Conde *et al*. (2024).

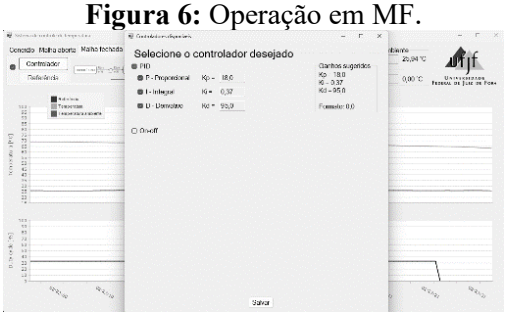
Quando o SCT opera em MA, não são utilizados nem controlador nem sinal de referência de temperatura. Isto é indicado no diagrama de blocos exibido na própria aba “Malha aberta”, conforme mostrado na Figura 5. Ativa-se a operação em MA por meio de uma caixa de seleção (*checkbox*). Na mesma tela, através de um botão deslizante (*slider*), define-se a razão cíclica do sinal de controle a ser aplicado à planta. O valor definido é aplicado realmente apenas depois de clicar no botão “Enviar”. Operar o SCT em MA é útil por duas razões principais: i) permite comparar resultados obtidos em MA e em MF e ii) permite gerar dados para modelagem da planta (ver Seção “Modelagem da planta”).

Figura 5: Operação em MA.



Fonte: Autoria própria (2024).

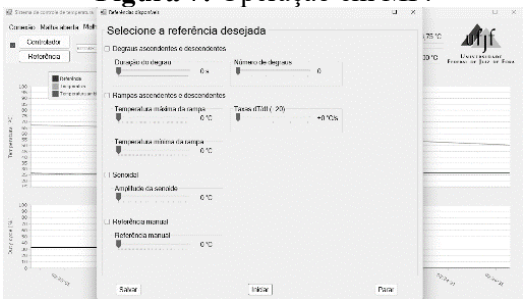
Figura 6: Operação em MF.



Fonte: Autoria própria (2024).

Quando o SCT opera em MF, o cenário é completamente diferente. São utilizados controlador e sinal de referência de temperatura. Isto é indicado no diagrama de blocos exibido na própria aba “Malha fechada”, conforme mostrado integralmente na Figura 4 e parcialmente na Figura 6. Ativa-se a operação em MF por meio de uma caixa de seleção. Na mesma tela, através do botão “Controlador”, abre-se a janela de seleção do tipo de controlador. A presença de um controlador possibilita o rastreamento de sinais de referência (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009; Åström & Wittenmark, 1997). Caso o PID seja selecionado, pode-se também utilizar as variantes P, I, D, PI e PD, além de ajustar os ganhos. É necessário salvar as configurações para que elas tenham efeito. Após clicar no botão “Salvar”, vem a permissão para utilizar o botão “Referência”, através do qual abre-se a janela de seleção do tipo do sinal de referência, mostrada na Figura 7. Quando uma caixa de seleção é marcada, os parâmetros do sinal correspondente podem ser ajustados. Os sinais de referência disponíveis atualmente são detalhados por Conde et al. (2024).

Figura 7: Operação em MF.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 8: Apresentação gráfica.

Fonte: Autoria própria (2024).

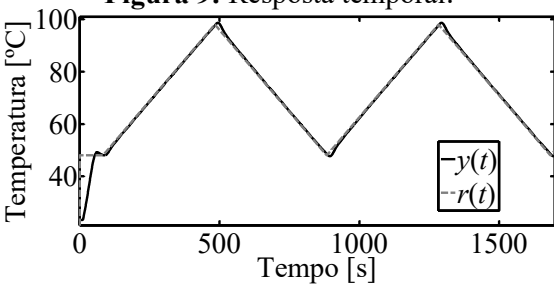
A Figura 8 mostra a aba “Gráficos” do menu de abas. Caixas de seleção permitem exibir ou não i) a temperatura ambiente, medida pelo sensor de temperatura DS18B20 (ver Figuras 2 e 3), ii) as balizas de ±2% e ±5% em torno do sinal de referência, porém uma ou outra apenas e nunca ambas ao mesmo tempo, e iii) a ampliação (*zoom in*) do eixo Y do gráfico de temperatura somente. A saber, esta figura mostra um exemplo no qual o SCT operava em MF com o controlador LD e um sinal de referência manual constante igual a 90 °C.

As Figuras 9 a 14 mostram respostas temporais e esforços de controle resultantes de ensaios práticos em MF. Os dados gerados nos ensaios foram exportados como arquivos em formato .TXT. As figuras foram geradas com o auxílio do *software* MATLAB® a partir dos arquivos com extensão .TXT.

As Figuras 9 e 10 mostram os resultados de um ensaio com o controlador PID sintonizado com os ganhos padrão (ver Seção “Controle em malha fechada”) e o sinal de

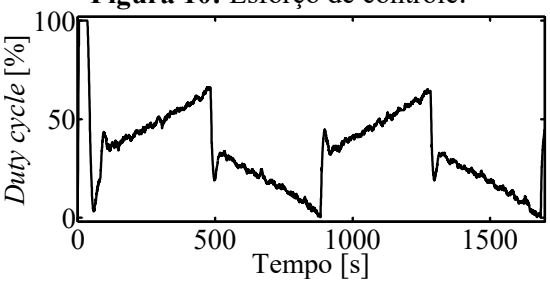
referência em rampas ascendentes e descendentes. Como esperado, o erro de rastreamento da referência foi reduzido assintoticamente ao longo das rampas, mas não completamente eliminado, devido ao fato da FT de MA ser do tipo 1, isso graças à presença do termo integral do controlador PID. Caso o sinal de referência fosse constante, ou composto por uma série de degraus de duração suficientemente longa, o erro de rastreamento seria eliminado assintoticamente (Castrucci *et al*., 2018; Dorf & Bishop, 2018; Franklin *et al*., 2009). A teoria de sistemas de controle lineares, mais conveniente neste caso por ser mais simples, pôde ser aplicada para explicar o comportamento da MF porque não houve saturação do atuador durante o rastreamento das rampas. De fato, a saturação do atuador ocorreu somente até os primeiros 35 segundos do ensaio. A perda de calor para o ambiente é um distúrbio persistente e não modelado, que aumenta com o aumento da temperatura de saída. Isso explica as rampas e os saltos no esforço de controle ocorridos sempre que mudava o sinal algébrico da derivada do sinal de referência. Vale ressaltar que o distúrbio não foi modelado, mas poderia ter sido (ver Seção "Modelagem da planta").

Figura 9: Resposta temporal.



Fonte: Autoria própria (2024).

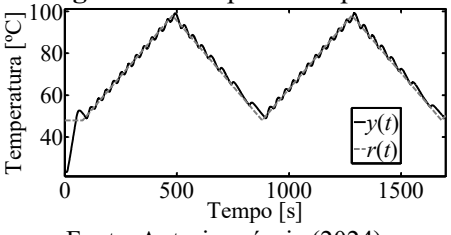
Figura 10: Esforço de controle.



Fonte: Autoria própria (2024).

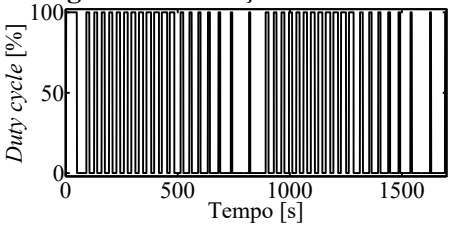
As Figuras 11 e 12 mostram os resultados de um ensaio com o controlador LD e o mesmo sinal de referência em rampas ascendentes e descendentes utilizado no ensaio anterior. O erro máximo de rastreamento da referência não ultrapassou 6% ao longo das rampas.

Figura 11: Resposta temporal.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 12: Esforço de controle.



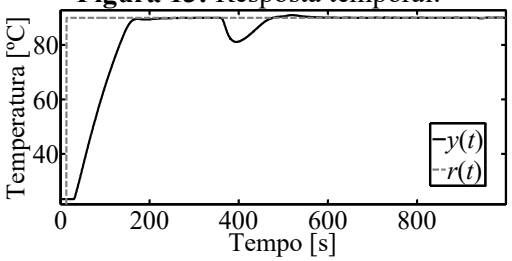
Fonte: Autoria própria (2024).

O controle LD é mais simples que o controle PID e, portanto, uma alternativa mais barata de implementar na prática, porém sua utilização implica em maiores erros de rastreamento dos sinais de referência. Cabe uma avaliação meticulosa sobre os prós e contras

que sua utilização envolve. A título de comparação, no ensaio anterior, o erro de rastreamento foi reduzido assintoticamente a menos de 1% (ver Figura 9).

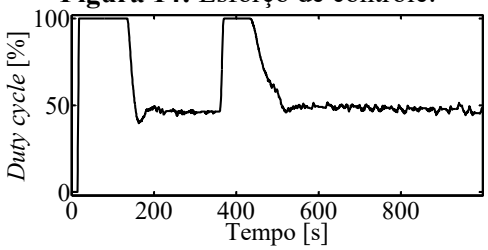
As Figuras 13 e 14 mostram resultados de um ensaio com o controlador PID sintonizado com os ganhos padrão e um sinal de referência manual igual a 90 °C. O erro de rastreamento do sinal de referência foi eliminado assintoticamente, mesmo após a perturbação (distúrbio) ocorrida por volta de 350 segundos. O esforço de controle foi tal que mais calor foi fornecido para compensar a queda na temperatura de saída. A perturbação foi aplicada para fins didáticos apoiando cuidadosamente, para não derrubar sobre o circuito eletrônico em funcionamento nem sofrer queimaduras nas pontas dos dedos, uma pilha formada por três moedas (R$ 1,00 na base, R$ 0,25 no meio e R$ 0,50 no topo) sobre o conjunto dissipador de calor (ver Seção “Sistema de controle de temperatura”).

Figura 13: Resposta temporal.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 14: Esforço de controle.



Fonte: Autoria própria (2024).

Aceitação pelos discentes

O recurso didático que é tema deste capítulo tem sido utilizado experimentalmente em algumas aulas teóricas de turmas específicas das seguintes disciplinas dos cinco cursos de Engenharia Elétrica da UFJF: Circuitos lineares I (CEL033), Teoria de controle I (CEL038), Eletrônica de potência (CEL040) e Modelagem e controle de processos industriais (ENE121). Em cada disciplina, um uso diferente do SCT, desde dar exemplos práticos de conceitos fundamentais de circuitos elétricos (elementos básicos de circuitos, nós, ramos, malhas, nó de referência, geradores vinculados, etc.) até demonstrar e comparar na prática conceitos específicos de área de controle automático de sistemas dinâmicos. A aceitação pelos discentes tem sido bastante satisfatória em todas elas. A atenção da grande maioria fica presa durante a realização de demonstrações e experimentos práticos. Eles normalmente fazem perguntas e interagem. Nessas oportunidades, ouve-se coisas como “Agora eu consigo ver!”, “Agora eu consegui enxergar!”, “Agora [a teoria apresentada] fez sentido para mim!”, etc., além de frases do tipo “Fiquei maravilhado(a) com a placa!”, “Como se faz um projeto desses?” e “Eu gostaria de aprender a fazer um projeto desde o início.”, entre outras. Tem sido positiva a experiência docente de testemunhar o despertar do interesse dos discentes pelos conteúdos apresentados com apoio do SCT.

Considerações finais

Discentes e docentes podem se beneficiar do uso do SCT. Dependendo da criatividade dos usuários, novos recursos podem ser incorporados ao SCT, permitindo a exploração de mais aspectos da teoria de controle, e mesmo de conteúdos de outras disciplinas, que não foram abordados neste capítulo, mas que não foram, por esta razão, desconsiderados. As etapas de desenvolvimento do SCT cumpridas até o momento proporcionaram oportunidades enriquecedoras para os discentes envolvidos em atividades principalmente de IC, permitindo alcançar o estágio atual de maturidade do SCT e da IU. Além disso, o desenvolvimento por meio de projetos de IC continua avançando, e novos recursos serão adicionados ao SCT e à IU em um futuro breve.

Devem ser implementados futuramente: i) novas estratégias/técnicas de controle automático — pré-alimentação de referência (*reference feedforward*), controle nebuloso (*fuzzy control*), controle baseado em aprendizagem por reforço (*reinforcement learning*), etc. —, ii) novas técnicas de filtragem de sinais — filtros digitais de 1ª e 2ª ordens, filtro de Kalman, filtro de Wiener, etc. — e iii) novos tipos de sinais de referência — rampas e patamares intercalados, etc. To- das exigirão modificações na IU e ajustes no código do SCT. Outra importante iniciativa futura será tornar a IU multiplataforma, pois isso possibilitará seu funcionamento também em máquinas com os SOs *Linux* e *macOS*.

Os arquivos (Gerber) para confecção da PCI, o código (*firmware*) do SCT e o aplicativo da IU estão disponíveis para compartilhamento mediante solicitação aos autores via *e-mail*.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar sua gratidão ao Eng. Matheus do S. Constantino (UFJF) pela valiosa colaboração no projeto. Ele elaborou o diagrama esquemático do circuito eletrônico (Figura 2), roteou a PCI (ver Figura 1) e contribuiu decisivamente para dirimir algumas dúvidas que surgiram durante o processo de desenvolvimento da IU dedicada.

Referências

Aguirre, L. A. (2015). **Introdução à identificação de sistemas: técnicas lineares e não lineares aplicadas a sistemas: teoria e aplicação** (4a ed.). Belo Horizonte: Editora UFMG.

Arce, G. R. (2004). **Nonlinear signal processing: a statistical approach**. Hoboken, EUA: John Wiley & Sons, Inc.

Åström, K. J., & Wittenmark, B. (1997). **Computer-controlled systems: theory and design** (2a ed.). Upper Saddle River, EUA: Prentice Hall, Inc.

Awari (2023, 27 de agosto). **Python, Java e Javascript: qual a melhor linguagem de programação para você?** https://awari.com.br/python-java-e-javascript-qual-a-melhor-linguagem-de-programacao-para-voce/.

Barbosa, G., Azevedo Jr., A. P., & Normey-Rico, J. E. (2023). Ferramentas interativas de código aberto para estudo de controladores clássicos. In **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)**. Manaus.

Boehm, A., & Murach, J. (2021). **Murach's C#** (7a ed.). Fresno, EUA: Mike Murach and Associates, Inc.

Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2013). **Dispositivos eletrônicos e teoria de circui-tos** (11a ed.). São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda.

Branco, M. V., Coelho, L. A., Alves, G., & Schlichting, L. (2017). Aspectos de diferen-ciação entre laboratórios remotos e simuladores. In **Anais do XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Joinville.

Castrucci, P. B. de L., Bittar, A., & Sales, R. M. (2018). **Controle automático** (2a ed.). Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.

Conde, P. H. C., Fernandes, D. de A., & Vilas Boas, A. S. C. A. (2024). Desenvolvimento de uma interface de usuário para um sistema de controle de temperatura educacional compacto, portátil e de baixo custo. In **Anais do 52º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Vitória.

Costa, V. M. da. (2013). **Circuitos elétricos lineares: enfoques teórico e prático**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda.

Dalton, A. de A., Lopes, B. H., & Fernandes, D. de A. (2023a). Aplicação de um sistema de controle de temperatura de baixo custo no ensino prático de engenharia elétrica. In **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Rio de Janeiro.

Dalton, A. de A., Lopes, B. H., & Fernandes, D. de A. (2023b). Sistema de controle de temperatura educacional compacto, portátil e de baixo custo. In **Anais do XVI Simpó-sio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)**. Manaus.

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2018). **Sistemas de controle modernos** (13a ed.). Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.

Egeland, O., & Gravdahl, J. T. (2002). **Modeling and simulation for automatic control**. Trondheim, Noruega: Tapir Trykkeri.

Fernandes, E. (2010, 1º de dezembro). **O sujeito epistêmico de Piaget**. https://novaescola.org.br/conteudo/1922/o-sujeito-epistemico-de-piaget.

Ferreira, D. de A., Rezende, R. A. D., Silva, C. Q., Nakamaru, A. T. G., & Silva, O. F. (2018). Construção e modelagem de um sistema térmico didático de baixo custo com materiais reciclados para controle de temperatura utilizando Arduino. In **Anais do XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. Salvador.

Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2009). **Feedback control of dynamic systems** (6a ed.). Upper Saddle River, EUA: Prentice Hall.

Garcia, C. (2022). **Modelagem e simulação de processos industriais e de sistemas eletromecânicos** (3a ed.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP).

Godoy, E. V., & Almeida, E. de. (2017). A evasão nos cursos de engenharia e a sua relação com a matemática: uma análise a partir do COBENGE. **Educação Matemática Debate (EMD)**, 1(3), 339–361.

Goetz, H. F. (2019, 25 de março). **Metodologia para desenvolvimento de IHMs de alta performance visual**. https://kb.elipse.com.br/metodologia-para-desenvolvimento-de-ihms-de-alta-performance-visual/.

Gomes, F. J., Baldioti, H. R., Gama, V. A., & Queiroz, F. P. (2011). Módulo laboratorial de baixo custo, baseado em FOSS, para educação em engenharia de controle de processos industriais. In **Anais do IX Congresso Latino-Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (CLAGTEE)**. Mar del Plata, Argentina. (pp. 1–7).

Graham, R. (2018). **The global state of the art in engineering education.** Relatório técnico (School of Engineering of the Massachusetts Institute of Technology (MIT)). Cambridge, EUA: MIT press. https://www.rhgraham.org/resources/Global-state-of-the-art-in-engineering-education---March-2018.pdf.

Gustavsson, I., Alves, G. R., Costa, R. J., Nilsson, K., Zackrisson, J., Hernández-Jayo, U., & García-Zubia, J. (2011). The VISIR open lab platform 5.0: an architecture for a federation of remote laboratories. In **Proceedings of the 8th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)**. Brasov, Romê-nia. (pp. 284–288).

Guzmán, J. L., Hägglund, T., Åström, K. J., Dormido, S., Berenguel, M., & Piguet, Y. (2014). Understanding PID design through interactive tools. In **Proceedings of the 19th World Congress (WC) of the International Federation of Automatic Control (IFAC)**. Cidade do Cabo, África do Sul. (v. 47, n. 3, pp. 12243–12248).

Johns, R. (2024, 15 de fevereiro). **The 20 best programming languages to learn in 2024**. https://hackr.io/blog/best-programming-languages-to-learn.

Li, Y., & Lin, Z. (2018). **Stability and performance of control systems with actuator saturation**. Em Raković, S. V., & Levine, W. S. (Eds.), **Control Engineering**. Cham, Suíça: Birkhäuser.

Lopes, B. H., Dalton, A. de A., & Fernandes, D. de A. (2023). A utilização de um sistema de controle de temperatura de fácil construção para ensino prático nas disciplinas de engenharia elétrica. In **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Educação em Enge-nharia (COBENGE)**. Rio de Janeiro.

Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2019, 23 de abril). Diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia (Parecer CNE/CES nº 1, de 23 de janeiro de 2019). **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 109.

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2016). **Circuitos elétricos** (10a ed.). São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda.

Oliveira, F. C. de M. B., & Oliveira, F. A. de M. B. (2015). **Interação humano computador** (2a ed.). Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará (EdUECE).

Prestes, E., & Rodrigues, L. M. (2016). Levantamento sobre a importância de aulas práticas para o ensino superior de engenharia. In **Anais do 8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNIPAMPA (SIEPE)**. Bagé. (v. 8, n. 1).

Price, M. J. (2019). **C# 8.0 and .NET Core 3.0: modern cross-platform development** (4a ed.). Birmingham, Reino Unido: Packt Publishing Ltd.

Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2007). **Microeletrônica** (5a ed.). São Paulo: Pearson Makron Books.

Silva, C. C. J., Salvador, M. H. N., & Leão, T. F. (2021). Projeto e desenvolvimento de um controlador industrial aplicado a um sistema termoelétrico de baixo custo. In **Anais do XLIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**. *On-line*.

Tarbouriech, S., Garcia, G., Silva Jr., J. M. G. da., & Queinnec, I. (2011). **Stability and stabilization of linear systems with saturating actuators**. Londres, Reino Unido: Springer-Verlag.

Velho, L. M. L. S., Costa, J. O. P. da., & Goulart, F. L. (2019). Gargalos na formação em engenharia no Brasil: uma perspectiva dos engenheiros. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 15(35), 1–18.

Capítulo 4

Tv Box: Destinação sustentável de lixo eletrônico e combate ao consumo de pirataria – Formação técnica e cidadã nos cursos de Engenharia Elétrica da UFJF

Danilo Pereira Pinto[8]
Eder Barboza Kapisch[9]
Leandro Rodrigues Manso Silva[10]

Primeiras Palavras

O presente capítulo traz a descrição das atividades de extensão universitária realizadas em uma parceria entre a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e a Receita Federal do Brasil (RFB) num processo de destinação sustentável de equipamentos apreendidos, em especial, as TV Box, aparelhos que, caso não sejam certificados e licenciados, podem ser utilizados ilegalmente para o consumo de conteúdo pirata e captura de dados confidenciais de usuários. A parceria entre a RFB e a UFJF, por meio do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (PET Elétrica), resultou no projeto de extensão "Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas". Este capítulo apresenta a descrição e os resultados desse projeto, tanto no âmbito da extensão universitária, quanto no ensino e formação acadêmica. O projeto teve como principais objetivos transformar esses dispositivos TV Box apreendidos pela RFB, os quais seriam destruídos, gerando impacto ambiental, em minicomputadores para uso sustentável em escolas públicas da região, bem como exercitar o papel social na formação dos alunos de graduação de Engenharia Elétrica, atendendo a demandas da comunidade.

[8] Doutor em Ciências - Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Faculdade de Engenharia (UFJF) Departamento de Energia, E-mail: danilo.pinto@ufjf.br Orcid: 0009-0003-9141-2923
[9] Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Circuitos Elétricos, Faculdade de Engenharia (UFJF), E-mail: eder.kapisch@ufjf.br, Orcid: 0000-0001-7609-7943.
[10] Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Departamento de Circuitos Elétricos, Faculdade de Engenharia (UFJF), E-mail: leandro.manso@ufjf.br, Orcid: 0000-0002-6360-0033.

Introdução

Nos últimos anos, o avanço tecnológico tem impulsionado um aumento significativo na utilização de aparelhos eletrônicos, como smartphones, tablets, laptops e dispositivos inteligentes (Raja, 2018). No entanto, esse aumento no consumo tem sido acompanhado por uma preocupante consequência ambiental: o aumento da geração de resíduos eletrônicos. Estima-se que milhões de toneladas desses resíduos sejam descartadas anualmente em todo o mundo, representando uma séria ameaça ao meio ambiente e à saúde pública (Ghulam, 2023; Pereira, 2023). Considerando que o uso exacerbado de aparelhos eletrônicos gera uma grande quantidade de lixo, torna-se necessário criar novas alternativas para evitar que toda essa produção de resíduos polua a natureza (dos Santos Bomfim, 2023).

Além da preocupação ambiental, observa-se o crescente consumo, a disseminação e a facilitação de acesso a conteúdo de forma ilegal, sendo um problema cada vez mais presente ao redor do mundo (Briel, 2023; Giglio, 2009; Soilo, 2020). A pirataria produz prejuízos tanto aos autores das obras e produtores de conteúdo, como aos distribuidores certificados e também ao governo, além de ser considerada crime ao violar os direitos autorais de acordo com a lei (Brazil, 1998; Brasil, 2003; Brasil, 2014). De acordo com Feltrin (2020), o Brasil é o país líder mundial no consumo de pirataria, sendo esse um mercado responsável por uma perda equivalente a mais de 13 bilhões de reais anualmente.

Uma das formas de consumo de conteúdo audiovisual pirata, principalmente aqueles disponibilizados por meio de serviços de *streaming*, como músicas, filmes, ou até mesmo canais de TV por assinatura, que mais tem se popularizado no Brasil é através da utilização de aparelhos TV Box, muitos dos quais são não certificados e não licenciados. Os TV Box são pequenos dispositivos com conectividade à internet, que são ligados às entradas de vídeo dos aparelhos de TV, possibilitando o acesso a diversos recursos *online*, como serviços de *streaming*, aplicativos e jogos.

É importante destacar que nem todos os aparelhos de TV Box são ilegais. Algumas marcas de TV Box são certificadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), bem como as plataformas de conteúdo disponibilizadas por elas. Por outro lado, outros TV Box, os quais são o foco neste trabalho, são vendidos de forma ilegal para fornecer ao consumidor o conteúdo não autorizado. A fim de combater esse crescente uso das TV Box ilegais, a Receita Federal do Brasil (RFB) tem se mobilizado e apreendido grandes quantidades desses aparelhos no comércio clandestino (Receita, 2023). Tradicionalmente, a RFB realiza a inutilização (destruição) desses equipamentos, o que contribui para geração de

lixo eletrônico e custos aos cofres públicos para a contratação de empresas especializadas na execução desta tarefa.

Em resposta à problemática envolvida neste cenário, o projeto "Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas", tema central do presente capítulo, foi desenvolvido, a fim de evitar o acúmulo do lixo eletrônico, e ao mesmo tempo combater o consumo da pirataria. Este projeto foi idealizado por meio da parceria entre a RFB com a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), através do grupo do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica da UFJF (PET Elétrica).

O PET Elétrica da UFJF é um grupo formado com o objetivo principal de garantir a formação completa dos alunos e aprimorar a graduação de forma prática, por meio de projetos orientados pela tríade de ensino, pesquisa e extensão. Este grupo utiliza a metodologia de ensino-aprendizagem conhecida como Aprendizagem Baseada em Projetos (do inglês, Project-based learning (PjBL)), na qual a construção do conhecimento é focada na dinamização do aprendizado, por meio de situações problemas que estimulam a prática, a criatividade e a curiosidade. Além de focar no desenvolvimento de habilidades técnicas, o grupo também busca aprimorar as competências socioemocionais dos participantes. Assim, os alunos adquirem um amplo conjunto de conhecimentos que são aplicáveis não só durante a graduação, mas também em suas vidas pessoais e profissionais (Parreira, 2023; PET, 2024).

Assim, o projeto "Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas" teve os objetivos principais apoiados nos seguintes pontos:

- Promover o reaproveitamento sustentável dos dispositivos apreendidos, visando à redução do lixo eletrônico e dos riscos ambientais associados a ele, através da transformação dos dispositivos TV Box em minicomputadores.
- Evitar o consumo e a disseminação da pirataria decorrente do uso ilegal dos aparelhos TV Box.
- Contribuir com a formação social dos alunos envolvidos nas atividades de descaracterização e doação dos equipamentos à comunidade.
- Contribuir com a informatização de escolas públicas recebedoras dos equipamentos descaracterizados em minicomputadores.

As próximas seções descrevem a metodologia utilizada no processo de descaracterização, a execução do projeto, bem como os principais resultados obtidos a partir das ações desenvolvidas em parceria com a RFB.

Metodologia adotada

Nesta seção, é descrita a metodologia para a realização do projeto de descaracterização dos TV Box, iniciando-se com a descrição das características e recursos dos dispositivos, seguida das etapas metodológicas para a execução do projeto e da execução dessas etapas.

O TV Box é um dispositivo eletrônico que possibilita a conexão entre televisão e internet, expandindo as opções de conteúdo acessíveis, proporcionando uma experiência mais abrangente aos usuários. Eles possuem uma boa capacidade de processamento de dados além da capacidade de comunicação, controle remoto e conexão sem fio de banda larga. No entanto, sua utilização ilegal, associada à importação não autorizada e às modificações realizadas para permitir a captação irregular de sinais pagos, tem levado à proibição do uso desse aparelho.

Esses dispositivos apreendidos, por não poderem ser utilizados legalmente, acabam se tornando lixo eletrônico, poluindo o meio ambiente. O lixo eletrônico é prejudicial devido à presença de materiais que podem levar um grande tempo para se decompor, além de haver o desperdício de recursos que poderiam ser reaproveitados. Assim, a disposição inadequada de resíduos eletrônicos afeta a saúde pública devido aos metais pesados, causa danos ambientais pela contaminação do solo, lençol freático, os organismos da fauna e da flora e ainda encurta a vida útil dos aterros sanitários.

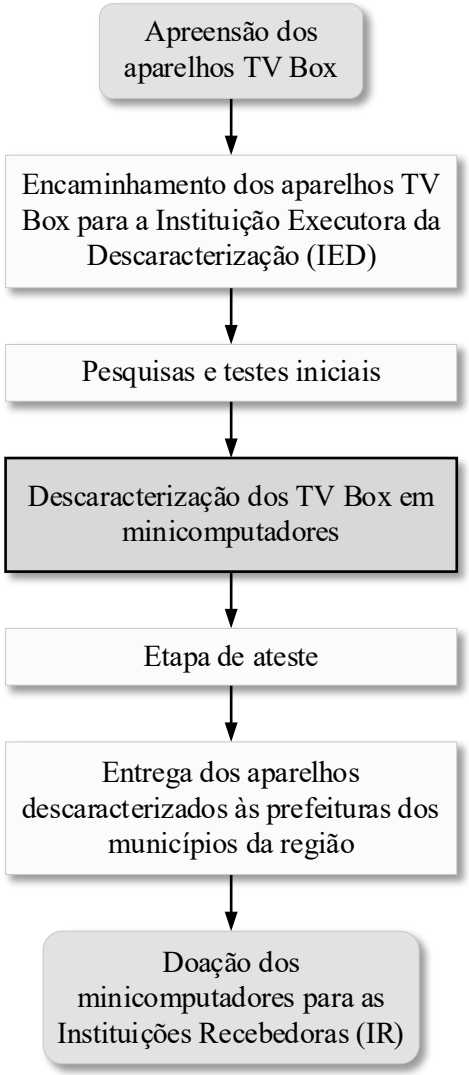
São várias as características tecnológicas presentes nos TV Box que podem ser redirecionadas para um uso legal e uma destinação mais sustentável, caso seja feita a transformação destes aparelhos, processo denominado de “descaracterização” e “destinação sustentável”. A destinação sustentável para as TV Box utilizada para o projeto descrito neste capítulo é a transformação delas em minicomputadores para que sejam doadas para instituições que necessitam de equipamentos tecnológicos para o desenvolvimento de seus trabalhos. O público alvo para essas doações pode ser encontrado nas escolas públicas, as quais, no Brasil, infelizmente em sua maioria, possuem condições precárias e verba insuficiente para aquisição de equipamentos de informática.

Durante a realização do projeto de extensão em questão, foram adotadas as etapas mostradas na Figura 1. Tais etapas são brevemente descritas a seguir.

- **Apreensão dos aparelhos TV Box:** Inicialmente, a RFB apreende os aparelhos TV Box que seriam utilizados para atividades ilícitas através da fiscalização e da busca realizada pelas equipes de campo. Após as apreensões, os equipamentos são armazenados em seus depósitos localizados nas delegacias regionais.
- **Encaminhamento para a Instituição Executora da Descaracterização (IED):** Com base em previsão legal para a destinação sustentável de equipamentos apreendidos (Receita, 2011), a RFB encaminha à Instituição Executora da Descaracterização (IED), no caso deste trabalho, a UFJF, unidades de TV Box apreendidas para a realização de pesquisas e testes iniciais.
- **Pesquisa e testes iniciais:** Em seguida, a IED forma uma equipe de trabalho que realiza testes iniciais e pesquisa de imagens compatíveis com o modelo apreendido. Este processo é, em geral trabalhos, devido a uma vasta gama de processadores presentes em diferentes modelos de TV Box. Havendo sucesso nos testes, elabora-se um tutorial de descaracterização para ser seguido por equipes de descaracterização. Então, é possível receber mais unidades de TV Box para efetivar a descaracterização em lotes maiores.

  Descaracterização em minicomputadores: Esta é uma das etapas principais da realização do projeto e está em destaque na Figura 1, pois nela é que os aparelhos são descaracterizados, sendo transformados em minicomputadores. Forma-se turmas de alunos com maior força de trabalho, as quais realizam descaracterizações em uma maior quantidade de aparelhos. Nesta parte, uma grande quantidade de aparelhos pode ser descaracterizada, centenas ou até milhares, dependendo da disponibilidade existente nos depósitos da RFB e da quantidade de alunos engajados nos trabalhos.
- **Etapa de ateste:** Nesta etapa, uma equipe da RFB visita a IED para validar a descaracterização em cada aparelho descaracterizado. É importante esta verificação, pois nenhum aparelho pode ser destinado a menos que esteja completamente descaracterizado. Inclusive, uma etiqueta com um logotipo da RFB é colada sobre cada aparelho para completar a descaracterização visual do aparelho.
- **Entrega dos minicomputadores para as prefeituras:** Após as descaracterizações, os equipamentos transformados em minicomputadores retornam para a RFB para serem entregues às prefeituras dos municípios interessados em receber os equipamentos.
- **Doação para as Instituições Recebedoras (IR):** As escolas públicas interessadas entram em contato com a respectiva prefeitura de seu município mostrando interesse em receber os equipamentos e estas comunicam à RFB.

Figura 1: Fluxograma para realização do projeto de extensão descrito.



Fonte: Própria autoria.

Programa "Receita Cidadã" e sua inserção na execução do projeto de extensão

A RFB frequentemente apreende uma grande quantidade de mercadorias devido a irregularidades no processo de circulação. Nesses casos, é necessário proceder à destruição ou inutilização desses itens. O processo descrito nas etapas deste projeto visa descaracterizá-los, tornando-os inadequados para seus usos originais ou removendo sua atratividade comercial, que é ilegal e criminosa. No caso específico dos aparelhos de TV Box, a Receita Federal enfrenta o desafio de arcar com os custos associados à destruição desses dispositivos, de forma a torná-los inutilizáveis, enquanto também corre o risco de impactar negativamente o meio ambiente.

Diante desse cenário, foi desenvolvido o programa "Receita Cidadã", criado pela RFB, uma iniciativa voltada para a destinação responsável de mercadorias apreendidas, com

o intuito de contribuir para a gestão ambiental, promover a ecoeficiência e estimular a responsabilidade social por meio de ações benéficas para toda a comunidade (Receita, 2022). O objetivo central do programa é alterar as características de determinados itens apreendidos, como as bebidas alcoólicas, tabaco, vestuário e alguns dispositivos eletrônicos, que são reutilizados de forma sustentável, transformando-os em produtos de grande utilidade para a sociedade, o que resulta na redução do impacto ambiental negativo. Posteriormente, esses itens são doados para projetos sociais para que possam ser utilizados, de forma gratuita, pela população, impactando positivamente a vida de milhares de pessoas.

A partir disso surgiu o projeto de extensão: "Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas", com a participação de docentes da Faculdade de Engenharia da UFJF, um bolsista de graduação e quarenta alunos de graduação de voluntários dos cursos de Engenharia Elétrica da UFJF.

Pesquisas realizadas e escolha dos modelos a serem descaracterizados

As pesquisas, abrangendo programação, funcionamento dos dispositivos e outros estudos relacionados, foram iniciadas logo após a chegada do material à UFJF. As TV Box possuem um processador semelhante ao de um minicomputador ou smartphone convencional. Originalmente, elas são fabricadas sendo instaladas uma versão customizada do Sistema Operacional (SO) Android, com interface voltada para o consumo de conteúdo via *streaming* e com comandos realizados por um dispositivo de controle remoto infravermelho.

Como cada modelo de TV Box possui um determinado tipo de processador, para a descaracterização em minicomputadores, é necessária a realização de uma busca de imagens de SO compatíveis com os processadores que mude a interface so sistema, assemelhando-se a um computador convencional. Além disso, deve-se garantir haja a inviabilização técnica e econômica para o retorno destes dispositivos à sua funcionalidade original, impedindo que os mesmos venham ser novamente comercializados como TV Box.

Após as pesquisas sobre as imagens de SOs compatíveis com as unidades recebidas, optou-se pela utilização do SO Armbian. O Armbian é um sistema gratuito e de código aberto, baseado em uma distribuição Linux voltada para equipamentos com processadores ARM de menor poder computacional e que pode também ser utilizada em dispositivos de Internet das Coisas (IoT). Tal sistema é leve e possui uma interface gráfica mais amigável (Armbian, 2024).

Inicialmente, a delegacia da RFB de Juiz de Fora forneceu para a equipe de pesquisa do projeto dez aparelhos, sendo eles compostos dos modelos TX9 e MXQ Pro para testes e pesquisas iniciais, buscando avaliar a viabilização do projeto. Após uma análise comparativa do desempenho entre os dois modelos, verificou-se que, apesar das especificações técnicas superiores do modelo MXQ Pro, o SO Armbian apresentou melhor desempenho e fluidez no dispositivo TX9. Durante os testes, o modelo TX9 demonstrou maior agilidade tanto no acesso à internet quanto na reprodução de vídeos, enquanto o MXQ Pro enfrentou travamentos e lentidão, especialmente durante a reprodução de vídeos em qualidade razoável. Além disso, o acesso à internet no modelo MXQ Pro foi mais lento em comparação com o modelo TX9. Diante disso, optou-se por descaracterizar o modelo TX9. Uma imagem deste modelo, destacando sua placa interna com processador, memórias e outros componentes, pode ser vista na Figura 2. Posteriormente, um novo modelo de TV Box foi disponibilizado para descaracterização, o modelo H6+, o qual teve um desempenho ainda melhor nos testes de usabilidade com o Armbian.

Figura 2: TV Box modelo TX9 e sua estrutura interna.

Fonte: Própria autoria.

Figura 3: TV Box modelo H6+.

Fonte: Própria autoria.

Descaracterização dos aparelhos TV Box

A descaracterização envolve a instalação de uma distribuição Linux adequada à TV Box, substituindo o sistema Android original de fábrica. O procedimento é semelhante a uma "formatação", porém com um SO diferente do original. Esse procedimento foi realizado por meio de um cartão de memória, no qual uma imagem do Armbian foi importada e gravada. Isso possibilita que mesmo que sejam necessárias configurações iniciais pós-formatação, essas configurações ficam armazenadas no cartão de memória. Tal vantagem permite que sejam realizadas descaracterizações em massa de maneira otimizada, eliminando a necessidade de configurar cada TV Box individualmente após a descaracterização. Ao realizar esse procedimento, a funcionalidade do dispositivo é transformada, deixando de operar como um TV Box e incorporando as funcionalidades de um minicomputador.

Com base nos resultados preliminares, a Delegacia da Receita Federal de Juiz de Fora, disponibilizou uma quantidade adicional de dispositivos TV Box para o processo de descaracterização em massa. Assim, os produtos resultantes poderiam ser destinados às escolas públicas e instituições sociais da cidade e região, proporcionando-lhes melhor utilização dos equipamentos que, de outra forma, seriam descartados. Deste ponto em diante, foram estabelecidos os postos de trabalho, os quais incluíam monitor, teclado, mouse, cartão de memória previamente configurado e os cabos necessários para realizar a descaracterização dos TV Box. A Figura 4 mostra uma das equipes de trabalho realizando as descaracterizações em massa dos TV Box modelo TX9 no Laboratório de Eficiência Energética (LEENER) da UFJF.

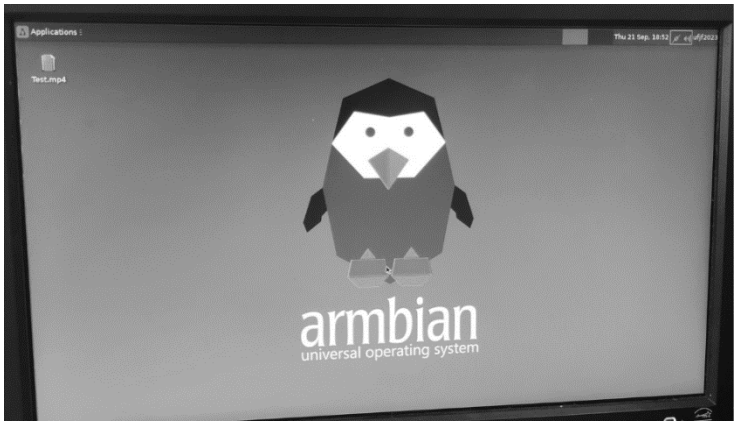
Figura 4: Descaracterização em massa do modelo TX9.

Fonte: Própria autoria.

Após a descaracterização, os aparelhos se comportam como minicomputadores, com acesso à internet por meio de navegadores, além de aplicativos de elaboração de textos,

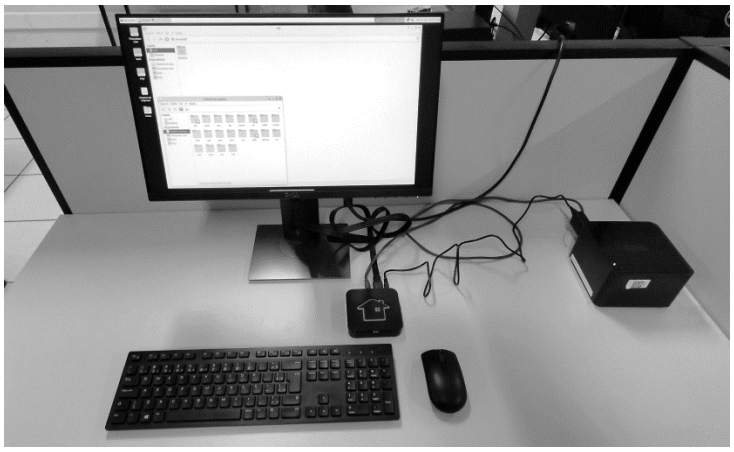
apresentações, planilhas de cálculos, dentre outros comumente utilizados tanto em secretarias de escolas, como em laboratórios e salas de aula. A Figura 5 mostra a tela inicial do sistema Armbian após a descaracterização no modelo TX9. Já a Figura 6 mostra o modelo H6+ descaracterizado. Observa-se que a interface já não é mais a mesma utilizada originalmente no TV Box, mas a de um computador convencional.

Figura 5: Tela inicial do Armbian após descaracterização no modelo TX9.



Fonte: Própria autoria.

Figura 6: Modelo H6+ descaracterizado.



Fonte: Própria autoria.

Uma vez descaracterizados, todas as unidades passam pela etapa de ateste, realizada por uma equipe da RFB. Cada aparelho é ligado a um monitor, no qual verifica-se se o mesmo foi formatado e não possui mais a funcionalidade de um TV Box. Após essa validação, uma etiqueta é colada sobre cada aparelho com um logotipo do programa “Receita Cidadã”, completando a fase de descaracterização. Este processo foi também auxiliado por alunos do PET Elétrica da UFJF e também foi realizado no LEENER. A Figura 7 mostra a equipe da RFB realizando o ateste dos aparelhos.

Figura 7: Ateste realizado no LEENER.

Fonte: Própria autoria.

Resultados

Com a parceria entre a RFB e a UFJF, obteve-se uma significativa redução nos gastos dos recursos públicos associados aos itens apreendidos, uma vez que estes não necessitaram ser destruídos. Ademais, promoveu-se uma melhor destinação para os produtos que estavam estagnados nos depósitos. Assim, não apenas houve a colaboração para o desenvolvimento da comunidade acadêmica ao disponibilizar estes equipamentos para estudo teórico e prático, como também beneficiou-se a sociedade, por meio da distribuição gratuita desses recursos, após a sua descaracterização.

A doação dos dispositivos desconfigurados para as escolas públicas e entidades assistenciais de Juiz de Fora e região foi feita após a efetuação de um levantamento de demanda por parte das escolas e entidades, conduzido através das secretarias municipais e estaduais de educação, em função do número de alunos, realizado pela delegacia da RFB de Juiz de Fora. Essa doação foi capaz de expandir o acesso a recursos educacionais, cuja disponibilidade costuma ser limitada, ao mesmo tempo em que proporciona um ambiente de aprendizado enriquecido sem implicar custos adicionais. A presença de um computador potencializa o processo de ensino e aprendizagem, permitindo a realização de pesquisas e a redação de trabalhos escolares de maneira mais eficiente. Isso é especialmente significativo considerando que muitos estudantes não têm acesso a computadores em seus lares, tornando a disponibilidade desses recursos nas escolas uma oportunidade mais acessível e produtiva para o aprendizado. Estes dispositivos doados oferecem acesso a editores de texto, planilhas, internet, entre outras funcionalidades, e nesse aspecto, desempenham suas funções de forma adequada. Essa contribuição é fundamental para assegurar um ensino público de qualidade para a população.

Este projeto proporcionou significativos benefícios aos estudantes de engenharia que participaram dele. Através dele, puderam adquirir uma percepção mais ampla do impacto que

as tecnologias e suas aplicações exercem na sociedade, incluindo a conscientização sobre os danos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos eletrônicos. Além disso, tiveram a oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos adquiridos durante a graduação, ampliando assim sua base de conhecimento, compreendendo a funcionalidade de componentes em dispositivos eletrônicos e aprofundando-se em alguns conceitos de programação. Adicionalmente, a participação no projeto permitiu-lhes acumular horas de atividades de extensão, requisito necessário para a conclusão do curso.

Além das contribuições acadêmicas, os participantes também tiveram a oportunidade de familiarizar-se com objetivos e programas da RFB, os procedimentos legais relacionados à circulação de mercadorias e os processos de descarte de produtos em geral. O contato direto com membros da delegacia da RFB de Juiz de Fora possibilitou discussões produtivas sobre os diversos aspectos relacionados à instituição, enriquecendo assim sua compreensão sobre o funcionamento desse órgão governamental.

A UFJF recebeu aproximadamente 1600 unidades de TV Box. Após a execução do projeto de extensão: “Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas”, no total, a UFJF descaracterizou e doou cerca de 1.480 (mil quatrocentos e oitenta) unidades. As demais unidades continham defeitos, problemas técnicos e incompatibilidades. Estas foram retornadas à RFB para posterior descarte. A Figura 8 mostra uma das entregas de minicomputadores feita pelos alunos de Engenharia Elétrica aos representantes das secretarias de educação de prefeituras dos municípios beneficiados com as doações.

Figura 8: Entrega dos minicomputadores às escolas.

Fonte: Própria autoria.

A partir da descaracterização dos TV Box, foram avaliadas outras aplicações dos minicomputadores. Dentre estas, destaca-se o trabalho de conclusão de curso (TCC) Operação de um robô Pioneer 3-DX através do Robot Operation System (ROS), empregando uma TV Box como unidade de computação embarcada (SILVA, 2023).

Conclusões do capítulo

O presente capítulo descreveu a execução do projeto de extensão "Descaracterização de aparelhos TV Box para produção de minicomputadores voltados para auxílio na informatização da educação em escolas públicas" realizado na UFJF.

A descaracterização de produtos apreendidos permite que estes retornem para a sociedade trazendo benefícios econômicos e sociais.

A participação de instituições de ensino superior neste processo permite que os discentes apropriem de competências técnicas e desenvolvam ou aprimorem suas competências socioemocionais, tais como, gestão de projetos, gestão de tempo, comunicação, organização, trabalho em grupo, liderança, dentre outras. Ao realizar este projeto, pode-se discutir, as dimensões sociais, éticas e ecológicas, bem como as interações da engenharia e tecnologia com o desenvolvimento social.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Educação Tutorial PET Elétrica, à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), ao Laboratório de Eficiência Energética (LEENER), e à Receita Federal do Brasil (RFB).

Referências

Armbian. (2024). **Linux for ARM development boards**. Disponível em: https://www.armbian.com/. Acesso em: 22 ago. 2024

Brasil. Congresso Nacional. (1998). **Lei Nº 9.610, de 19 de fev. de 1998**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm. Acesso em: 14 mai. 2024.

Brasil. Congresso Nacional. (2003). **Lei Nº 10.695, de 1º de julho de 2003**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.695.htm. Acesso em: 14 mai. 2024.

Brasil. Congresso Nacional. (2014) **Lei Nº 12.965, de 23 de abril de 2014**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12965.htm. Acesso em: 14 mai. 2024.

Briel, H., Heidingsfelder, M., & High, M. (2023). **The piracy years**: Internet file sharing in a global context.

Feltrin, R. (2020). Brasil é 1º do mundo em consumo de pirataria online, diz estudo. **Uol**, 2020. Disponível em: https://www.uol.com.br/splash/noticias/ooops/2020/12/21/brasil-e-do-mundo-1-em-consumo-de-pirataria-online-diz-estudo.htm. Acesso em: 14 mai. 2024.

Ghulam, S. T., & Abushammala, H. (2023). **Challenges and opportunities in the management of electronic waste and its impact on human health and environment**. *Sustainability*, *15*(3), 1837.

Giglio, E. M., & Ryngelblum, A. L. (2009). **Uma investigação sobre o ator consumidor na rede de pirataria e uma proposta de alternativa de estratégia de combate**. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, *10*, 131-155.

Parreira, D. C., Barros, A. M. R., Santos, D. S., Costa, J. W. M., & Sales, R. S. (2023). **A metodologia ativa, a aprendizagem significativa e sala de aula invertida**. *Revista Ilustração*, *4*(2), 9-14.

Pereira, Y. Y. C. (2023). **Produção e Tratamento de Resíduos Eletro Eletrônicos**. *15º Jornada Científica e Tecnológica e 12 º Simpósio de Pós-Graduação do Ifsuldeminas*, *15*(1). n. 1, 2023. Disponível em https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/937/989. Acesso em 14: mai. 2024.

PET, Elétrica – UFJF. (2024). **O que é o PET?** Disponível em: https://peteletrica.com/o-pet/. Acesso em: 14 mai. 2024.

Raja, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). **Impact of modern technology in education**. *Journal of Applied and Advanced Research*, *3*(1), 33-35.

Receita Federal do Brasil (RFB). (2011). **PORTARIA MF Nº 282, DE 09 DE JUNHO DE 2011**,. Disponível em: http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=26101. Acesso em: 14 mai. 2024.

Receita Federal do Brasil (RFB). (2022). **Receita Cidadã: Uma Receita de Transformação Social**. Disponível em: https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cidadania-fiscal/novos-destinos. Acesso em 22 ago. 2024.

Receita Federal do Brasil (RFB). (2023) **Receita Federal apreende 158 TV Box em operação no Centro de Distribuição dos Correios em Belo Horizonte**. Disponível em: https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/noticias/2023/setembro/receita-federal-apreende-158-tv-box-em-operacao-no-centro-de-distribuicao-dos-correios-em-belo-horizonte. Acesso em: 14 mai. 2024.

Santos Bomfim, R. E. M., & Almeida Souza, A. W. (2023) **O Descarte Do Lixo Eletrônico:** A Escola Como uma Alternativa Eficiente do Movimento Sustentável. In: IX Congresso Nacional de Educação, 2023, João Pessoa. Anais. João Pessoa. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2023/TRABALHO_COMPLETO_EV185_MD1_ID16982_TB3532_11102023103138.pdf. Acesso em: 14 mai. 2024.

Silva, R. L. (2023) **Operação de um robô Pioneer 3-DX através do Robot Operation System (ROS), empregando uma TV BOX como unidade de computação embarcada.** Monografia (Curso de Engenharia Elétrica com Habilitação em Robótica). Juiz de Fora (UFJF).

Soilo, A. N. (2020). **Habitando a lei**: "pirataria", streaming, eo regime de propriedade intelectual. *Mana*, *26*(3), e263202.

Capítulo 5

Em busca da sustentabilidade no tratamento de efluentes: substituição de coagulantes químicos por biocoagulantes

Eduarda Vitória da Silva Gomes[11]
Fernanda Ribeiro do Carmo Damasceno[12]
Juliana de Oliveira Carneiro Brum[13]

Introdução

A aplicação de sais metálicos no tratamento da água e efluentes é uma realidade no Brasil devido a sua alta eficiência na remoção de turbidez. No entanto, apresenta desvantagens como possibilidade de sais residuais na água ou no efluente tratado, geração de lodo de complexa tratabilidade, exploração de recursos não renováveis, entre outros.

Dentro dessa realidade, torna-se necessário a exploração de novos agentes coagulantes que possam atuar nos sistemas de tratamento minimizando as desvantagens apresentadas pela utilização de reagentes químicos.

Os coagulantes naturais surgem como alternativa interessante do ponto de vista socioeconômico e ambiental, já que são compostos facilmente encontrados na natureza que possuem a capacidade de aglutinar contaminantes da água e efluentes.

Nesse contexto destaca-se a utilização semente de *Moringa oleifera* como coagulante natural, podendo ser aplicada no tratamento de água ou de diversos efluentes como, por exemplo, os provenientes da indústria têxtil ou das indústrias alimentícias, sobretudo efluentes gordurosos, como abatedouros e laticínios.

Além da propriedade coagulante, que resulta em remoção de cor e turbidez, as sementes de *Moringa oleifera* também podem ser aplicadas como agente antimicrobiano. Há

[11]Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFJF, ESA, eduarda.gomes@estudante.ufjf.br, Orcid: https://orcid.org/0009-0009-8925-2450.
[12]Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, UFJF, ESA, fernanda.dasmasceno@ufjf.br, Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9398-7518;
[13]Doutora em Química Orgânica, UFJF, ESA, juliana.brum@ufjf.br, Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2039-2075.

estudos onde é possível verificar a aplicação do coagulante natural em efluente sanitário, onde mais de 99 % da comunidade de coliformes totais e *Escherichia coli* foram removidas.

Visando conciliar a química verde aos processos de Engenharia Sanitária e Ambiental, a presente pesquisa busca alternativas sustentáveis para o tratamento de água e esgoto, como a aplicação de biocoagulantes, indo ao encontro dos objetivos da Organização das Nações Unidas (ONU) para o desenvolvimento sustentável (ODS).

O grupo de pesquisa do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA) da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora vem estudando a aplicação desses biocoagulantes com resultados promissores. Foram testadas diferentes metodologias de extração e aplicação das sementes de moringa, e até o momento, foram verificadas altas remoções de turbidez e cor para diferentes efluentes, sobretudo para efluentes de laticínios.

Material e métodos

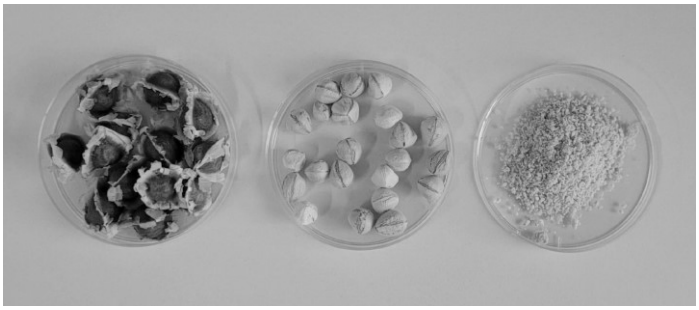
Biocoagulante

As sementes de *Moringa oleifera*, foram descascadas, secas em estufa por 1 h na temperatura de 110 °C, trituradas até formar um pó fino e, por fim, levadas novamente à estufa (110 ºC) por mais 20 min. Esse procedimento foi adaptado dos trabalhos realizados por dois grupos de pesquisa, sendo eles de Cardoso (2021) e Ströher (2012).

Para verificar o poder coagulante, a semente de moringa foi utilizada *in natura* (triturada) e extraída em soluções (aquosa e salina). A Figura 1 ilustra as sementes em sua forma íntegra, descascadas e trituradas.

Os extratos foram obtidos por meio da agitação rápida de 100 mL do solvente de interesse (água deionizada/solução de cloreto de sódio 1 mol L^{-1}) com 5 g de sementes trituradas, durante 30 min. Finalizada a agitação, as soluções foram filtradas em tecido de algodão e aferido o pH.

Figura 1: Sementes de *Moringa oleifera* com casca, descascadas e trituradas



Fonte: Autoria própria (2024).

Efluente de laticínio

Foi utilizado efluente sintético de laticínio, composto por 1 g L^{-1} de leite em pó integral, 0,40 g L^{-1} de nata, 0,22 g L^{-1} de ureia e 0,09 g L^{-1} de fosfato de potássio monobásico, tendo o pH ajustado para 7 (Damasceno, Freire e Cammarota, 2008). O efluente foi acondicionado em vasilhames plásticos e estocado a 4 ºC até utilização.

Os parâmetros físico-químicos para a caracterização do efluente bruto e tratado foram determinados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Ensaios de tratabilidade

Os ensaios de coagulação/floculação seguido de sedimentação foram conduzidos em Jar Test modelo Q305FT3 da marca QUIMIS. O tempo de mistura rápida foi de 2 min a 500 rotações por minuto (RPM), a mistura lenta ocorreu por 20 min a 40 RPM e, por fim, 60 min de sedimentação.

Foram testados como coagulantes naturais a semente de moringa triturada, e as soluções aquosa e salina que continham 5% de semente (m/v).

As concentrações do biocoagulante variaram entre 100 e 1200 mg L^{-1} e o pH entre 2 e 10. Os ajustes de pH foram realizados por meio da adição de ácido sulfúrico (1:1) ou hidróxido de sódio (6 N), a depender do valor desejado.

Resultados preliminares e discussões

Caracterização do efluente

O efluente sintético formulado, utilizado para os testes de coagulação-floculação e sedimentação, apresentou pH próximo à neutralidade. A cor aparente (7567 ± 144 uC) foi 16,7 vezes maior que a cor verdadeira (453 ± 5 uC), evidenciando a presença de material insolúvel no efluente, o que resultou em altos valores de turbidez (686 ± 4 NTU). A caracterização do efluente pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do efluente

Parâmetro	Efluente bruto
Turbidez (NTU)	(686 ± 4)
Cor aparente (uC)	(7567 ± 144)
Cor verdadeira (uC)	(453 ± 5)
pH	6,97
Condutividade (μS cm^{-1})	233
DQO (mg O_2 L^{-1})	(1582 ± 5)
ST (mg L^{-1})	(1243 ± 10)
STV (mg L^{-1})	(1068 ± 10)
STF (mg L^{-1})	(175 ± 44)
SDT (mg L^{-1})	(772 ± 39)
SDV (mg L^{-1})	(663 ± 39)
SDF (mg L^{-1})	110
SST (mg L^{-1})	471
SSV (mg L^{-1})	406
SSF (mg L^{-1})	65

Fonte: Autoria própria (2024).

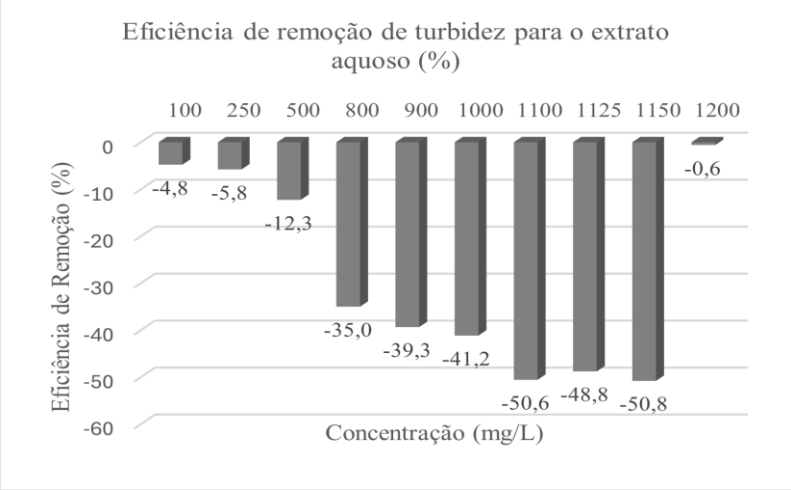
A matéria orgânica total, mensurada pela análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO), foi igual a 1582 ± 5 mg O_2 L^{-1}. Damasceno, Freire e Cammarota (2008), ao formular o efluente sintético de laticínio, tiveram como resposta a concentração de 2000 mg O_2 L^{-1} de DQO .

Em relação aos Sólidos Totais (ST) do efluente, tem-se que 86 % de sua composição é dada por material orgânico, quantificada por meio da volatilização dos sólidos presentes no efluente a 550 °C. Os valores de Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Voláteis (STV) e Sólidos Totais Fixos (STF) foram, 1243 mg L^{-1}, 1068 mg L^{-1} e 175 mg L^{-1}, respectivamente. Ainda em relação aos teores de sólidos presentes no efluente, verificou-se a presença de maior percentual de material dissolvido (62% STD) quando comparado ao material insolúvel (38% SST).

Ensaios de tratabilidade

Inicialmente foi testada a ação coagulante da moringa extraída em água. Não foi observada remoção de turbidez em nenhuma das dez concentrações utilizadas, pelo contrário, ao inserir a solução aquosa contendo biocoagulante, elevou-se a turbidez do efluente, já que continha material sólido proveniente da trituração das sementes, chegando a valores maiores que 50% quando comparada a turbidez inicial (672,5 ± 33,0 NTU), conforme observado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Resultados obtidos para o extrato aquoso das sementes

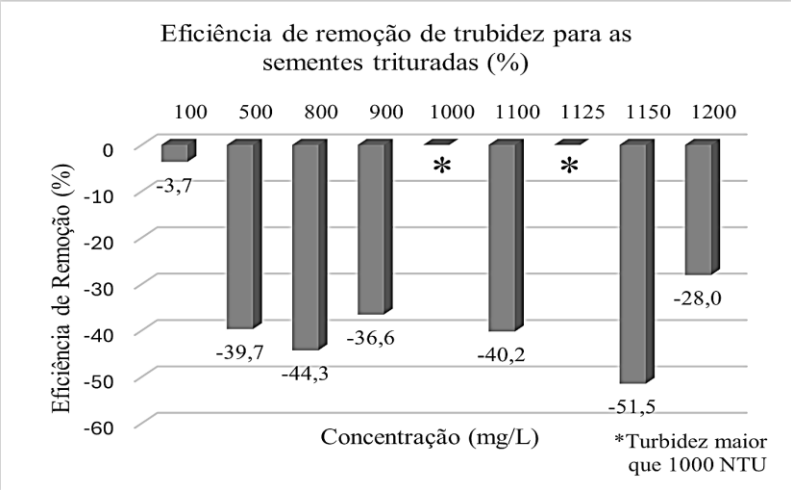


Fonte: Autoria própria (2024).

A utilização das sementes em extrato aquoso não se mostrou eficiente na remoção de turbidez do efluente de laticínios, no entanto, trabalhos na literatura demonstraram que esse método de aplicação foi eficaz na remoção de turbidez de efluentes da indústria têxtil (Machado *et al.,* 2017), razão pela qual foi utilizado como ponto de partida nesse estudo, uma vez que a utilização do coagulante natural em efluentes de laticínios é incipiente, aliado a facilidade de aplicação da solução aquosa quando comparada a forma sólida (pó de semente de moringa), ao se utilizar o teste de jarros (*Jar test*).

Após os testes utilizando o extrato aquoso, uma nova batelada de testes foi realizada utilizando as sementes de moringa trituradas em seu estado sólido (sem adição de água), mantendo as concentrações utilizadas na primeira batelada. Novamente, não houve remoção de turbidez pós tratamento, conforme pode ser visualizado no Gráfico 2. Destaca-se que, para as concentrações de 1000 e 1125 mg L^{-1}, a turbidez final do efluente foi maior do que 1000 NTU, excedendo o valor máximo de detecção do equipamento, dessa forma, não foi possível quantificar seu valor exato.

Gráfico 2: Resultados obtidos ao utilizar as sementes trituradas

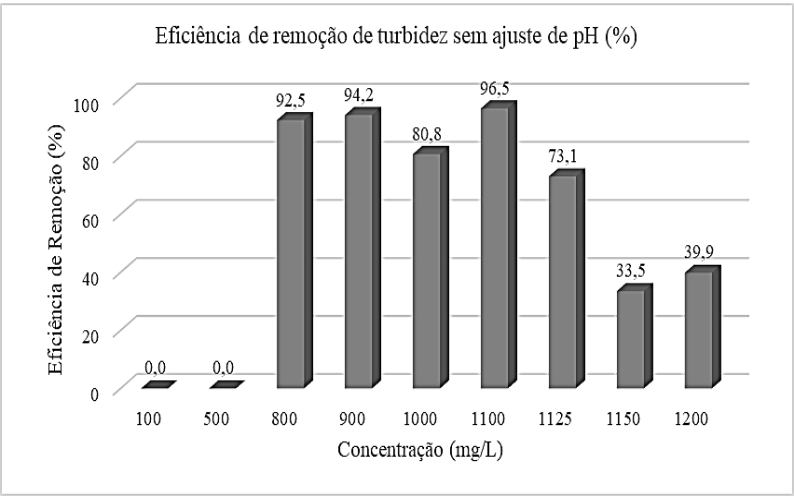


Fonte: Autoria própria (2024).

Entretanto, encontra-se na literatura registros da eficiência ao aplicar 1000 mg L^{-1} do pó da semente no tratamento de efluente de laticínio formulado com 1 g L^{-1} de leite em pó, removendo mais de 99 % de turbidez (Vieira *et al*., 2008; Vieira *et al*., 2010), o que não foi reproduzido neste estudo.

Por fim, foi avaliada a ação coagulante da moringa extraída em solução salina. Com ela, observou-se altas eficiências na remoção de turbidez quando aplicadas concentrações a partir de 800 mg L^{-1}, atingindo 96,5 % de remoção desse parâmetro quando aplicado 1100 mg L^{-1} de biocoagulante, o que pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Resultados obtidos para a primeira varredura na concentração de coagulante e sem ajuste de pH

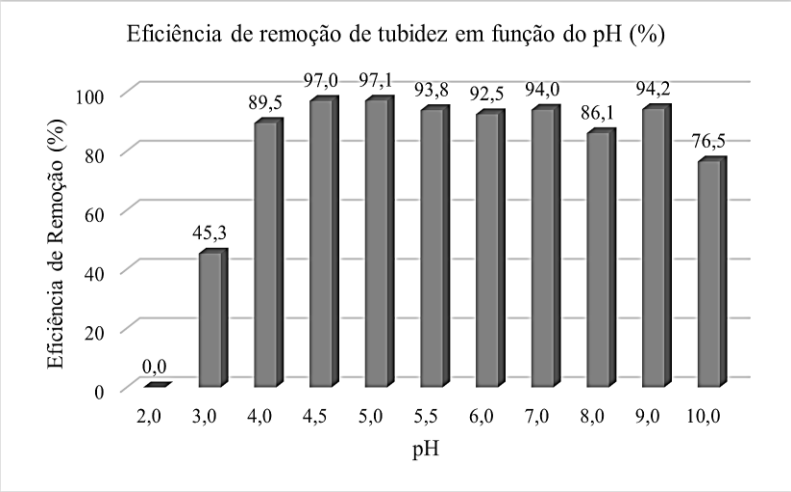


Fonte: Autoria própria (2024).

A maior remoção de turbidez, 96,5%, foi encontrada ao se utilizar a concentração de 1100 mg L^{-1} de semente de moringa, essa foi, portanto, a concentração escolhida para se fazer varredura de pH na faixa entre 2 e 10.

Conforme observado no Gráfico 4, o extrato salino na concentração de 1100 mg L^{-1} foi eficaz em uma ampla faixa de pH para o efluente em estudo, alcançando os melhores resultados quando esse parâmetro foi ajustado para 4 e 5, conferindo mais de 97 % de remoção de turbidez.

Gráfico 4: Resultados obtidos fixando-se 1100 mg L^{-1} de coagulante e variando o pH



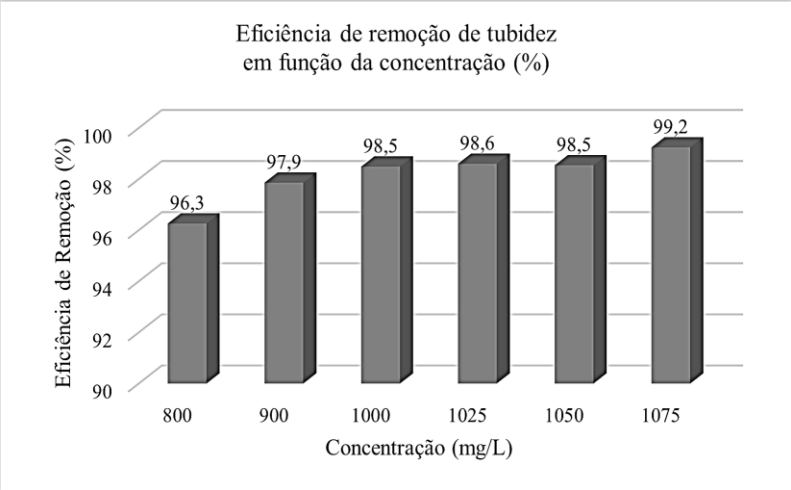
Fonte: Autoria própria (2024).

A partir dos dados obtidos, optou-se pelo tratamento do efluente em pH 5, já que neste pH foi possível observar alta remoção de turbidez, além do fato de que efluentes de laticínio frequentemente apresentam pH ácido, conforme mostrado em trabalhos de Silva, Siqueira e Nogueira (2018) e Batista e Aguiar (2018).

Mateus e colaboradores (2017), ao estudar a aplicação de semente de moringa extraída em solução salina no tratamento de efluente sintético de laticínio com pH ajustado para 5, obtiveram 92% de eficiência na remoção de turbidez, corroborando para indicação desse valor de pH como ótimo no presente estudo.

Buscando aprimorar o processo de tratamento, com o pH fixado em 5, uma nova batelada de experimentos foi realizada, variando a concentração de biocoagulante entre 800 e 1075 mg L^{-1}. Como resultados desses novos testes, foi verificado remoção de 99,2 % de turbidez ao empregar 1075 mg L^{-1} do extrato salino, resultando em uma turbidez final de 5,34 NTU. Os resultados dessa avaliação podem ser verificados através do Gráfico 5.

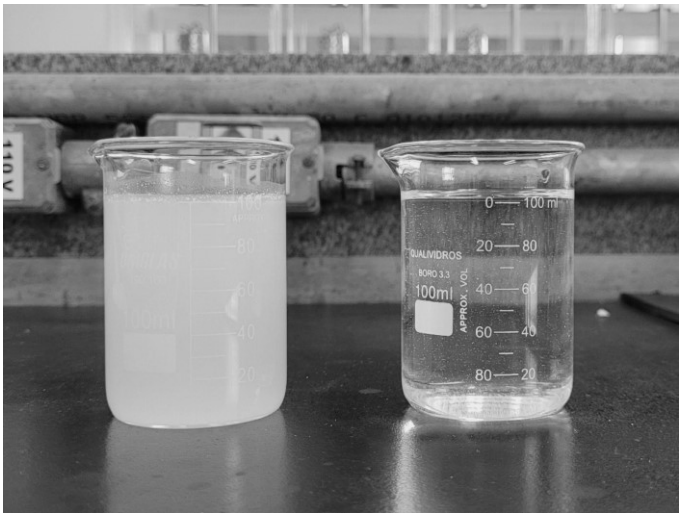
Gráfico 5: Resultados obtidos ao fixar o pH em 5,0 e variar a concentração de coagulante



Fonte: Autoria própria (2024).

Por meio da Figura 2 observa-se a comparação visual entre o efluente bruto (esquerda) e tratado (direita).

Figura 2: Comparação visual entre o efluente bruto e tratado



Fonte: Autoria própria (2024).

Além da remoção de turbidez, observou-se 49,8 % de remoção de DQO, conferindo um decaimento de 1581,5 ± 5,0 para 793,3 ± 7,5 mg O_2/L. O tratamento em estudo tem como foco a remoção dos sólidos presentes nos efluentes de laticínios, os quais são responsáveis pela turbidez do efluente, a remoção da DQO está relacionada a remoção de sólidos orgânicos separados por sedimentação do efluente após o tratamento. Os parâmetros avaliados do efluente bruto, com adição do biocoagulante e tratado estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros do efluente bruto, adicionado de biocoagulante e tratado

Parâmetro	Efluente bruto	Efluente +	Efluente
Turbidez (NTU)	(686 ± 4)	(1033 ± 8)	(5,34 ± 0,11)
Cor aparente (uC)	(7567 ± 144)	(6483 ± 144)	(28 ± 5)
Cor verdadeira	(453 ± 5)	(11 ± 3)	< 5
pH	6,97	5,42	5,26
Condutividade	233	2420	2550
DQO (mg O_2 L^{-1})	(1582 ± 5)	(2045 ± 23)	(793 ± 8)
ST (mg L^{-1})	(1243 ± 10)	(3153 ± 34)	(2343 ± 11,5)
STV (mg L^{-1})	(1068 ± 10)	(1760 ± 13)	(867 ± 5,8)
STF (mg L^{-1})	(175 ± 44)	(1393 ± 30)	(1477 ± 5,8)
SDT (mg L^{-1})	(772 ± 39)	(2413 ± 64)	(2242 ± 25,2)
SDV (mg L^{-1})	(663 ± 39)	(1027 ± 42)	(850 ± 17,3)
SDF (mg L^{-1})	110	(1387 ± 23)	(1392 ± 11,5)
SST (mg L^{-1})	471	740	102
SSV (mg L^{-1})	406	733	17
SSF (mg L^{-1})	65	7	85

Fonte: Autoria própria (2024).

O resultado encontrado em relação à DQO é corroborado por diferentes estudos como, por exemplo, no trabalho de Schmitt (2011) que utilizou 1600 mg L^{-1} do extrato salino levando a remoção de 47,7 % de DQO. Já para o efluente oriundo da produção de queijos, o uso do referido extrato foi capaz de conferir a remoção de até 86,5 % de DQO ao longo dos ensaios realizados (Faria, Moraes e Mendes, 2014).

Conforme observado na Tabela 2, houve um aumento na concentração de sólidos ao se adicionar a solução salina contendo sementes de moringa como biocoagulante. Isso deve-se ao fato da adição de sais dissolvidos, uma vez que a solução salina foi preparada com cloreto de sódio somado à presença dos sólidos provenientes da trituração das sementes que permearam a filtragem com tecido de algodão, já que esses tecidos possuem a gramatura variando entre 140 e 240 g m^{-2} e porosidade aproximada de 350 μm diâmetro (Leachi *et al.*, 2021)

Cabe ressaltar que mesmo com a adição de sólidos ao processo, houve uma redução de 78 % dos Sólidos Suspensos Totais (SST), resultado coerente com a remoção de 99 % da turbidez do efluente bruto, uma vez que os SST são os principais responsáveis pela alta turbidez inicial.

Além disso, obteve 99 % de remoção de cor aparente, podendo concluir que o material insolúvel apresentado na forma de Sólidos Suspensos foi majoritariamente removido no processo.

Observou-se, também, que ao ajustar o pH para 5 de modo a realizar o ensaio, o seu valor final não necessita de ajuste pós tratamento, uma vez que encontra-se dentro do limite estabelecido pela CONAMA n° 430 de 2011 (Brasil, 2011).

Considerações finais

Com base nos resultados preliminares apresentados, pode-se concluir que o extrato salino das sementes de *Moringa oleifera* demonstra potencial para o tratamento de efluente de laticínio, sendo uma alternativa sustentável aos coagulantes químicos comumente empregados no tratamento físico-químico desse tipo de efluente.

Atendendo ao objetivo do tratamento primário de efluentes, o presente trabalho foi capaz de remover, via coagulação/floculação seguida de sedimentação, 78,4 % dos sólidos suspensos totais e 99,2 % de turbidez por meio da aplicação do extrato salino de *Moringa oleifera* ao efluente de interesse. Além disso, foi possível observar mais de 49 % de remoção de DQO.

Diante dos dados apresentados, nota-se que o extrato salino é efetivo em uma ampla faixa de pH, em especial aqueles de caráter ácido, fator importante ao analisar custos com ajuste de pH e o valor encontrado para esse parâmetro em efluente real da indústria de laticínio.

Sugere-se ainda a execução de novos ensaios a fim de minimizar a concentração de sais presentes no extrato salino, a fim de tornar o processo ainda mais sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA) da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de fora por fornecer os equipamentos e suporte técnico para execução do trabalho.

Referências

Andrade, P. V. (2021). ***Uso da semente de Moringa oleifera como coagulante no tratamento terciário de efluente sanitário*** [Dissertação de mestrado]. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Batista, N. B. S., & Águiar, A. (2018, 25 e 28 de outubro). ***Estudo de parâmetros físico-químicos e suas correlações para efluentes de laticínios do estado de Minas Gerais***.[Apresentação em encontro]. XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência, São José dos Campos

Brasil. **Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011.

Cardoso et al. (2008). **Otimizing mixture and decantation times in the process of coagulation/flocculation of raw water using *Moringa oleifera* Lam**. Acta Scientiarum Technology, 30(2), 193-198. https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i2.5493

Cardoso, E. S, Santana, F. N. R. P, Santos, T. M, Santana, S. F, Silva, G. F, Faria, L. J. G. (2021). Análise experimental da secagem de sementes de moringa. In Faria, L. J. G & Andrade, E. L. (orgs.). **Engenharia de produtos naturais: planejamento, experimentação, obtenção de produtos e purificação.** Científica digital. https://doi.org/10.37885/211006322

Damasceno, F. R. C., Freire, D. M. G., & Cammarota, M. C. (2008). **Impact of the addition of an enzyme pool on an activated sludge system treating dairy wastewater under fat shock loads.** Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 83(5), 730-738. https://doi.org/10.1002/jctb.1863

Faria, L. F. F,. Moraes, E. J. C., & Mendes, P. R. A. (2014, 19 a 22 de outubro). ***Tratamento de efluente oriundo da produção de queijos utilizando coagulantes naturais*** [Apresentação em congresso]. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis.

Ferreira, A. C. F. (2021). ***Remoção de matéria orgânica de efluentes de carcinicultura por meio de tratamento físico-químico (coagulação-floculação) e biológico (lodo ativado)*** [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Koelln et al. (2024). **Coagulação/floculação de efluente de abatedouro utilizando *Moringa oleifera* Lam como coagulante**. Revista Gestão Social e Ambiental, 18(3), 1-7. https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-055

Leachi, H. F. L,. Bieniek, A. A,. Peixe, T. S,. & Ribeiro, R. P. (2021). **Estudo microscópico dos materiais utilizados para confecção de máscaras para proteção contra a COVID-19**. Revista Eletrônica De Enfermagem, 23, 66859. https://doi.org/10.5216/ree.v23.66859

Mateus et al. (2017). E**valuation of natural coagulant *Moringa oleifera* Lam in the treatment of dairy wastewater at different pH**. Acta Horticulturae, 1(1), 357-364. http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1158.40

Ndabigengesere, A., & Narasiah, K.S. (1998). **Use of *Moringa Oleifera* Seeds as a Primary Coagulant in Wastewater Treatment.** Environmental Technology, 19(1), 789-900. https://doi.org/10.1080/09593331908616735

Nonfodji et al.. (2020). **Performance of *Moringa oleifera* seeds protein and *Moringa oleifera* seeds protein-polyaluminum chloride composite coagulant in removing organic matter and antibiotic resistant bacteria from hospital wastewater.** Journal of Water Process Engineering, 33(1). https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101103

Schmitt, D. M. F. (2011). ***Tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios pelos processos combinados coagulação / floculação / adsorção / ultrafiltração utilizando semente de Moringa oleífera como coagulante*** [Dissertação de mestrado]. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Silva, M. E. R., Aquino, M. D., & Santos, A. B. (2007). **Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais**. Revista Tecnologia, 28(2), 178-190. https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56621/1/2007_art_mersilva.pdf

Silva, R. R,. Siqueira, E.Q., & Nogueira, I. S. (2018). **Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 23(2), 217-228. https://doi.org/10.1590/S1413-41522018138062

Silva, T. S. S. (1999). ***Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto*** [Dissertação de mestrado]. Fundação Oswaldo Cruz.

Souza et al.. (2020). **Sementes de moringa como coagulante natural no tratamento de água residuária proveniente do abate de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*)**. Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza, 4(1). https://doi.org/10.29215/pecen.v4i0.1487

Ströher et al. (2012). **Aplicação de *Moringa oleifera* Lam no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans.** Revista E-xacta, 5(1), 61-66. http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v5i1.765

Vieira et al.. (2008). **Estudo do potencial da semente de *Moringa oleifera* como coagulante/floculante para o reuso de águas residuárias.** [Apresentação em congresso]. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal.

Vieira et al. (2010). **Use of *Moringa oleifera* Seed as a Natural Adsorbent for Wastewater Treatment**. Water, Air, & Soil Pollution, 206(1), 273-281. https://doi.org/10.1007/S11270-009-0104-Y

Capitulo 6

Projetos de extensão FAU/UFJF: Encaminhamento para elaboração de projeto básico de restauração arquitetônica da Igreja de Nossa Senhora do Livramento, Distrito de Sarandira, Juiz de Fora/MG

Fabiana Mendes Tavares Jacques[14]

Introdução

Nos anos de 2014 e 2015 foram firmados entre a pró-reitora de Extensão da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e a Arquidiocese de Juiz de Fora, cinco projetos de extensão. As propostas desses projetos referiram-se aos encaminhamentos para elaboração de projeto básico de restauração arquitetônica e reabilitação da Igreja de Nossa Senhora do Livramento, situada no distrito de Sarandira no município de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, sendo exemplar de importância histórica reconhecida pela comunidade e pelo município através de tombamento realizado em 2004 com o decreto de número 8437 de 28/12/2004. Segundo o decreto estão tombados, as fachadas, sua volumetria e seu interior, composto pelo altar-mor, altares colaterais e laterais, as galerias e a pintura sobre o arco cruzeiro.

A situação encontrada no edifício na ocasião foi de ruim estado de conservação. Tal situação exigiu rigorosas análises de equipe técnica (docente e discentes bolsistas e voluntários dos cursos de arquitetura e urbanismo e de ciências sociais) sobre as melhores soluções a serem adotadas visando a preservação da edificação.

Isso tornou a definição sobre a linha de atuação da intervenção detalhada, visto que a sua recuperação visava não só um restabelecimento da sua integridade física e simbólica, mas também a possibilidade de resgatar a sua relevância histórica.

[14] Doutora em Arquitetura e Urbanismo. UFJF/ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Projeto, História e Teoria da Arquitetura e do Urbanismo. E-mail: fabiana.jacques@ufjf.br Orcid 0000-0001-7897-9878

Teve-se atenção para que as características que o tornam tão singular não se perdessem devido à ação dos agentes de degradação. Por isso, todas as pesquisas históricas, levantamentos, análises, mapeamento de danos, diagnósticos e intervenções propostas foram pensadas de forma a dirimir estes agentes e garantir uma longa vida útil da edificação sem que, para isso, se descaracterizasse o bem. Foi necessário também, a identificação dos diversos processos e ações que foram sendo realizadas ao longo do tempo na edificação, como ampliações, uso de materiais e técnicas construtivas variadas e diversas repinturas.

Foi com o intuito de recuperar a "vida" que ali ainda se potencializa que foram propostos os projetos de extensão, no intuito de se aprofundar nas análises visando eliminar e/ou diminuir as causas de degradação, recuperar os elementos e sistemas construtivos existentes e preparar o edifício para receber novamente seu uso religioso de acordo com seu caráter e sua estrutura.

Os cinco projetos de extensão trataram dos seguintes temas:

- A realização de pesquisa de identificação e conhecimento histórico de forma textual, iconográfica e fotográfica do edifício e do entorno da Igreja de Nossa Senhora do Livramento. A pesquisa histórica compôs também a contextualização da vizinhança, do distrito de Sarandira, parte da zona rural, buscando sua relação para com a cidade de Juiz de Fora visando identificar e organizar material de referência com o reconhecimento da importância desse bem tombado (anos de 2014 e 2015).
- A elaboração de cadastro arquitetônico completo da Igreja de Nossa Senhora do Livramento, em levantamento e análises sobre as técnicas e materiais utilizados em sua composição tendo máxima atenção as características que o tornam singular (anos de 2014 e 2015).
- A elaboração de diagnóstico do estado de conservação da Igreja de Nossa Senhora do Livramento com os estudos dos fatores, causas e danos realizados com aprofundamento (anos de 2014 e 2015).
- A elaboração de projeto básico para restauração e reabilitação da Igreja de Nossa Senhora do Livramento visando a recuperação das condições que permitissem a retomada de seu uso religioso adequado para as celebrações (anos de 2014 e 2015).
- A gestão para compatibilização dos projetos complementares ao projeto de restauração arquitetônica e reabilitação da Igreja de Nossa Senhora do Livramento (anos de 2015 e 2016).

Tais projetos de extensão tiveram diversos desdobramentos até o ano de 2021 com a elaboração dos projetos de restauração e reabilitação da edificação e de seus bens integrados

e projetos complementares incluindo o estrutural, desenvolvidos de forma gratuita por diversos profissionais externos a UFJF.

Igreja de Nossa Senhora do Livramento, Distrito de Sarandira, Juiz de Fora/MG

A construção da Igreja de Nossa Senhora do Livramento fez parte de uma promessa religiosa de um proprietário de terras da região. A edificação foi erguida pela população e representa um símbolo de religiosidade em Sarandira.

Segundo Fernando Brandão do jornal O Sul de Minas, a revolução de 1842 foi a primeira revolução armada de cunho partidário. Nesse período, o Brasil era dividido entre dois partidos, Liberal e Conservador. Com a dissolução da Câmara dos Deputados, ocorrida no mesmo ano da revolta, os Liberais perderam força no poder. Sendo assim, o partido, do qual Minas Gerais era parte integrante, se rebelou por julgar inconstitucional a dissolução promovida pelo poder Moderador. Relata-se que, para lutar na revolução de 1842, muitos jovens habitantes do local se juntaram aos revoltosos.

> José de Souza, proprietário dos terrenos onde se acha o povoado, fez o voto de os doar a N. S. do Livramento, para seu patrimônio e erecção de seu oraculo, si todos quantos haviam d'ali partido para a guerra tivessem a felicidade de voltar a seus lares (Esteves,1915, p. 471).

Com o término da revolução, José de Souza cumpriu o que havia prometido, doando cerca de 20 alqueires de terra (hoje), terras estas onde foram edificadas as construções da cidade sem que houvesse nenhuma necessidade de seus proprietários pagarem aforamentos. Além das terras, acresceu-se ao patrimônio dez apólices de um conto de réis cada, doadas pelo coronel Francisco Mariano Halfeld.

O terreno, nas adjacências da matriz, era de grande importância para os meios agrícolas, pois possuía solo fértil e próspero, permitindo que fossem plantados inúmeros exemplares botânicos, incluindo o café. Uma próspera comunidade se desenvolveu em uma freguesia do município de Juiz de Fora, utilizando-se de sua devoção para agradecer sua providência.

A localidade teve por vinte e dois anos seguidos um grande vigário, Padre João de Castro, que veio a falecer em 26 de maio de 1903, em Barbacena. Além de suas funções na igreja, dirigiu um estabelecimento de educação, se dedicava aos trabalhos agrícolas e exercia atividades políticas do distrito de Sarandira (Esteves, 1915).

Os moradores também se recordam do Padre Eurico, que promoveu diversas reformas na igreja, como relatou Pedro Sebastião da Conceição, que participou das reformas como

servente de pedreiro. Foram feitas ampliações na igreja e nos muros do cemitério, assim como reparos na parte interna e externa da edificação.

Segundo o livro de Tombo, em 1937 inaugurou-se uma reforma em que também houve participação popular:

> Devido aos incansáveis esforços e a conhecida bôa vontade do Sr. José Brega que tomou a incumbência de dirigir os trabalhos de reparação da igreja matriz de N. Senhora do Livramento de Sarandy e também devido à bôa vontade e generosidade do pôvo da parochia, a 1 de Novembro de 1937, com grande pompa, realizou-se inauguração da igreja reformada interior e exteriormente. (Livro de Tombo, 1937 a 1962, sp).

Entre os anos de 1996 e 2004 a igreja esteve sob os cuidados do Padre Elpídio. Neste período foi realizada uma intervenção na parte elétrica, com a mudança da fiação; houve também uma intervenção na parte hidráulica, com a troca de uma caixa d'água pequena por uma caixa maior. No telhado foram trocadas mais de seis mil telhas e encontradas 38 tipos diferentes de telhas francesas utilizadas na época. O forro também foi removido.

A população também recorda, nostálgica, as festas e celebrações realizadas em Sarandira, como a festa de Nossa Senhora do Livramento que trazia a população de diversos locais para a festividade.

O processo de tombamento da Igreja de Nossa Senhora do Livramento foi organizado pela SPM (Sociedade Pró Melhoramentos) de Sarandira, documento que foi enviado à Juracyr Schaffer (diretor da Demlurb – Departamento Municipal de Limpeza Urbana) em 20 de junho de 2003, junto de outros itens solicitados pela comunidade.

> 14° - Solicitamos o tombamento pelo Patrimônio Histórico de Juiz de Fora, a Igreja de Nossa Senhora do Livramento e mais 3 (três) casarões de nosso Distrito. (Prefeitura de Juiz de Fora, 2003, sp).

Em 28 de dezembro de 2004 conferiu-se o tombamento da igreja de Nossa Senhora do Livramento.

Atualmente o distrito de Sarandira conta com apenas três estabelecimentos comerciais, que são bares mistos, vendendo todo tipo de mercadoria. A realidade do local hoje é muito diferente do passado, como cita Julio Cezar Vanni (2013) em seu livro.

> Conhecemos Sarandira nas décadas de 1939 e 1940. A localidade contava com dois armazéns de secos e molhados, farmácia, padaria, açougue, marcenaria, armarinho, olaria, um alfaiate, um ferreiro, correio, padre residente e até um cinema. As festas de Nossa Senhora do Livramento eram anuais e atraiam milhares de peregrinos e visitantes de Juiz de Fora e da periferia. (Vanni, 2013, p.125)

No final de 2011 as paredes da igreja estavam se curvando e os vidros se quebrando. Em visitas realizadas nos dias 23 de fevereiro, 01 e 02 de março de 2012, por membros da DIPAC (Divisão de Patrimônio Cultural) à Igreja de Nossa Senhora do Livramento, foram constatados problemas estruturais e danos causados pela ação de insetos xilófagos (cupins e brocas), ação das intempéries e falta de manutenção periódica e preventiva da edificação, além de intervenções antrópicas não especializadas. Foi realizado um levantamento dos problemas e as recomendações técnicas para resguardar o bem.

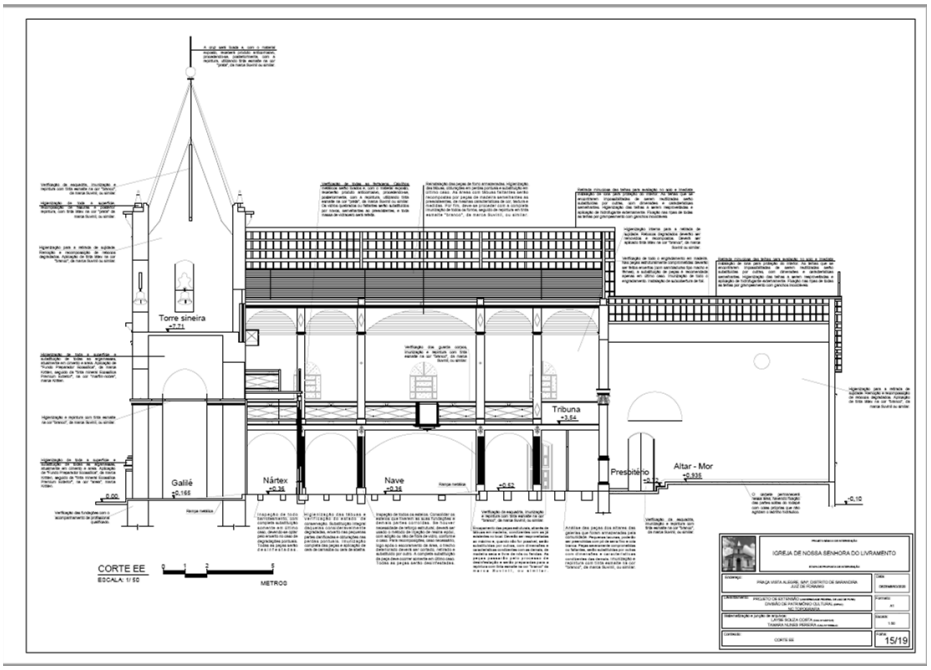
Figura 1: Fachada principal da Igreja de Nossa Senhora do Livramento.

Fonte: Fabiana Jacques (2015).

Figura 2: Vista interna para a capela-mor da Igreja de Nossa Senhora do Livramento.

Fonte: Fabiana Jacques (2015).

Figura 3: Prancha do projeto de básico de restauração, contendo corte longitudinal.



Fonte: Layse Costa e Tamara Pereira (2020).

A Igreja de Nossa Senhora do Livramento está localizada na porção mais elevada da Praça Vista Alegre, sendo constituída por canteiros geométricos preenchidos por gramíneas, arbustos e árvores, delimitados por passagens cimentadas que se entrecruzam em diagonal a partir do acesso principal, que conduz ao portão de acesso frontal ao adro da igreja.

A Igreja de Nossa Senhora do Livramento é formada por três volumes: torre sineira, nave e capela-mor. A fachada norte (frontal) apresenta eixo vertical simétrico.

Justificativa, fundamentação teórica e metodologia

Com a execução dos projetos de extensão esperava-se:

- Oferecer oportunidade para que a população da região pudesse voltar a utilizar e assim reconhecer este patrimônio histórico e cultural de importância municipal.
- Divulgar o patrimônio rural histórico e cultural juiz-forano.
- Ampliar os estudos sobre metodologia para gestão e compatibilização de projetos complementares de intervenções em patrimônio cultural no âmbito da universidade.
- Ampliar os estudos sobre Patrimônio Cultural material e imaterial, restauração, conservação, técnicas e materiais no âmbito da Universidade.

- Fortalecer as pesquisas e os estudo no âmbito da Universidade sobre arquitetura religiosa juiz-forana, no que diz respeito as questões simbólicas, técnicas e materiais.

As crescentes indagações sobre critérios que envolvem as pesquisas, levantamentos e projetos de restauro vêm, ao longo dos anos, suscitando discussões acaloradas a respeito da intervenção restaurativa.

Para responder aos questionamentos e embasar a linha teórico-metodológica que foi adotada, utilizou-se vasta bibliografia de consulta, na qual se destacam os documentos nacionais e internacionais de conservação e restauro. Partiu-se principalmente, de definições adotadas na Carta de Veneza de 1964 e discutidas mais pormenorizadamente em documentos posteriores, como a Carta do Restauro, de 1972, as Normas de Quito, de 1967, a Carta de Burra, de 1980, o oriundo da Conferência de Nara, de 1994, a Carta de Brasília, de 1995 e a Declaração de Sofia, de 1996.

Além da bibliografia, questões fundamentais de ordem prática também foram levadas em consideração:

- A primeira refere-se à necessidade de se preservar e/ou retomar elementos que ressaltem, no edifício, as características que o tornam tão singular e incorporem definitivamente aquelas que a ele foram acrescidas ao longo dos anos e que não afetam a sua integridade física, a visibilidade da sua volumetria e não prejudicam a leitura daquela feição;
- A segunda, diz respeito às necessidades de uso do edifício e do seu entorno, que envolvem a equação de todos os entes que, direta ou indiretamente, estão de alguma forma ligados ao monumento. E seu uso possa ser restabelecido, devolvendo a comunidade sua Igreja e suas celebrações;
- A terceira refere-se ao caráter da própria intervenção, a ser vista como a reunião de ações de conservação, de restauração e de reabilitação.
- E, por fim, independentemente de qualquer técnica que venha a ser utilizada nas intervenções ao patrimônio cultural edificado, a autenticidade é a base da doutrina moderna da restauração, sendo palavra-chave dos documentos (convenções e cartas internacionais) relativos à salvaguarda do patrimônio cultural.

Para bem tratar um bem cultural de interesse de preservação deve-se bem conhecê-lo. De acordo, com o Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural do Programa Monumenta/ IPHAN (2005), levando-se em consideração o respeito máximo à pré-existência, o conhecimento aprofundado do bem deve ser trabalhado através das

pesquisas realizadas sob o ponto de vista histórico, estéticos, arquitetônico, estrutural e artístico, da caracterização do bem e seu entorno, além de seus usuários.

Para a Pesquisa Histórica deve-se organizar as informações pesquisadas por meio de fontes arquivísticas, bibliográfica e orais, entre outras. Sendo subdividida em pesquisa Histórica da cidade de Juiz de Fora, distrito de Sarandira e do bem, com sua localização no espaço e no tempo.

O cadastro diz respeito ao Levantamento Físico que compreende a leitura e conhecimento da forma da edificação, obtidos por meio de vistorias e levantamentos, sendo representados graficamente e por fotografias e também a análise tipológica, identificação de materiais e sistema construtivo, atividade consolida criticamente o conjunto das informações obtidas trazendo análises pormenorizadas da tipologia arquitetônica, dos materiais empregados, do sistema construtivo da edificação e do contexto no qual está inserida.

É necessário, também, os estudos dos fatores, causas e os danos (patologia) sejam realizados com aprofundamento em bem de interesse de preservação com a elaboração do mapeamento de danos que para a representação gráfica de todos os danos existentes e identificados na edificação, relacionando-os aos seus agentes e causas e análises do estado de conservação dos materiais e do sistema estrutural, com a identificação dos agentes de degradação e caracterização dos danos.

Da proposta consta a apresentação das soluções para a diminuição e/ou eliminação das causas das deteriorações e apresentação da adequação de uso ao edifício. Particularmente, em caso de restauro, as terapias devem, como regra geral, ser minimamente invasivas (princípio da intervenção mínima).

A gestão para compatibilização dos projetos complementares se tornou fundamental para convergência de decisões e restrições tecnológicas, de forma a antecipar os processos que se seguirão na execução dos mesmos. O acompanhamento e interação entre os diversos profissionais desde as primeiras etapas do processo de projeto, visou a viabilização das soluções com a sobreposição dos projetos complementares e o projeto de restauração arquitetônica para verificação de possíveis incongruências.

Equipe

A coordenação dos cinco projetos de extensão ficou a cargo da Professora Fabiana Mendes Tavares Jacques do Departamento de Projeto, História e Teoria em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Foram solicitadas a Universidade Federal de Juiz de Fora cinco bolsistas, um para cada projeto apresentado. A justificativa para as bolsas foram, que tendo em vista a amplitude que envolveriam a execução do desses projetos de extensão, foram elencados bolsistas não só do Curso de Arquitetura e Urbanismo, mas também do Instituto de Ciências Humanas – Curso de História, visando o pleno atendimento aos objetivos pretendidos.

As bolsas foram divididas de acordo com o Curso a que se referiam, o número e suas atividades, como especificado a seguir.

- 4 bolsas de Arquitetura e Urbanismo: para as ações de pesquisa, levantamento, sistematização das questões arquitetônicas, estéticas, materiais e técnicas produzindo material textual, fotográfico e gráfico em cadernos e plantas técnicas exigidas pela metodologia a ser aplicada. Tal produção técnica deveria também atender o aprofundamento exigido para aprovação de tal projeto nos órgãos competentes, por se tratar de bem tombado.

Tal quantidade de bolsas se justificou tanto pelo trabalho em campo de levantamento arquitetônico como também para produção dos mapeamentos de danos e dos desenhos técnicos de projeto, com a elaboração em programas gráficos das plantas baixas, cortes, fachadas, plantas de cobertura, situação, implantação, esquadrias, móveis e integrados e detalhamentos, além dos memoriais e todos os cadernos de texto.

- 1 bolsa de História: para pesquisa, levantamento, sistematização de material bibliográfico e textual, iconográfico e fotográfico para elaboração dos textos para composição de histórico consistente que serviria de base para o projeto básico para dar subsídios as tomadas de decisão.

Tal bolsa se justificou pela especificidade do trabalho técnico histórico a ser desenvolvido, já que os estudos que antecedem a etapa de intervenção devem ser feitos de modo exaustivo, para que as ações propostas não sejam desnecessárias e até equivocadas, estudar o máximo para intervir o mínimo, com eficiência.

Nesse sentido, uma equipe mínima para atender tão grande demanda e multiplicar conhecimento no âmbito da universidade e na comunidade.

Vários estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo se interessaram pelos projetos na ocasião de seus lançamentos, mas nenhum do curso de História. Assim sendo, abriu-se, após consulta a Pró-Reitora de Extensão novo edital para seleção de bolsista do Curso de Arquitetura e Urbanismo com perfil indicado para o projeto.

Dessa forma, foram selecionados 5 estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo para ocuparem as vagas. No entanto, ao longo do desenvolvimento das atividades do ano de

2014 ao ano de 2016, alguns voluntários foram integrados a equipe incluindo um da pós-graduação em História e outra do Curso de Ciências Sociais.

A equipe formada contou no total com 14 discentes a saber:

- Arquitetura e Urbanismo bolsistas – Tales Pravato, Gabriela Moreira, Mariana Rossin, Francisco Herculano Júnior e Ludmila Albuquerque.
- Arquitetura e Urbanismo voluntários – Ramiro Liquer, Joanna Benicá, Layse Costa, Carolina Rezende, Danilo Carvalho, Rodrigo Spinelli e Filipe Paiva.
- Pós-graduação em História voluntário – Maciel Fonseca.
- Cursos de Ciências Sociais voluntária – Luana Telles.

Figura 4: Parte da equipe de bolsistas. Da direita para esquerda Gabriela Moreira, Francisco Herculano Júnior, Mariana Rossin e Tales Pravato.

Fonte: Mariana Rossin, ano de 2015.

Para a total efetivação do Projeto de restauração para a Igreja de Nossa Senhora do Livramento, foram necessárias a produção de todos os projetos complementares, que os projetos de extensão executados não contemplavam, assim na equipe foram inseridos outros profissionais como:

- Profissional de engenharia para elaboração de projeto estrutural;
- Profissional de engenharia para elaboração de projetos elétrico, hidrossanitário, SPDA e combate a incêndio;
- Conservador-restaurador para elaboração de projeto de restauração dos bens móveis e integrados.

Para atender a essas demandas, diversos profissionais e empresas desde 2017 a 2021, ofereceram gratuitamente a Arquidiocese de Juiz de Fora e a Paróquia de Nossa Senhora do Livramento, serviços e projetos.

- Levantamento topográfico – NC TOPOGRAFIA.
- Complementação e atualização da identificação e conhecimento do bem e diagnóstico – Arquiteto Paulo Gawryszewski.
- Projeto de restauração estrutural – Engenheiro Antônio Francisco de Souza Cardoso (especialista em madeira).
- Projeto elétrico, SPDA e hidrossanitário – TECAD Projetos, soluções inteligentes.
- Projeto de combate a incêndio – Engenheiros sem Fronteiras.
- Projeto de restauração dos bens móveis e integrados – Técnica em Conservação e Restauro de Bens Móveis Letícia Campos Filgueiras.

De forma contratada para atualização, complementação e finalização do Projeto básico de restauração arquitetônica – Arquitetas e urbanistas Layse Costa e Tamara Pereira.

Complementou-se dessa forma uma equipe multidisciplinar que buscou, com o máximo respeito e empenho, entender as necessidades da edificação e os anseios da população, conformando um projeto acessível, viável e em comum acordo com a comunidade.

Relação Ensino/Pesquisa/Extensão

A relação ensino, pesquisa e extensão configura o tripé da universidade brasileira e assim sendo, deve ser tratada de forma indissociável tanto para geração de conhecimento quanto na formação dos discentes.

A relação entre o ensino, pesquisa e extensão amplia o processo pedagógico, pois discentes e docentes constituem-se parceiros na aprendizagem, assim como os diversos profissionais externos a UFJF.

Como caminho para a integração entre a universidade e a sociedade, a extensão é instrumento para a ligação entre teoria e prática.

Para os projetos apresentados articulou-se o tripé de forma efetiva somando-se:

- O ensino das disciplinas ministradas no curso de arquitetura e urbanismo sobretudo na disciplina de Projeto em Patrimônio Cultural (ministrada pela professora Fabiana Mendes

Tavares Jacques), momento em que o aluno aplica os conceitos e fundamentação teórica de projetos de conservação, restauração e reabilitação e o conhecimento e reconhecimento da necessidade de elaboração de projetos complementares ao projeto de restauração arquitetônica;

- A pesquisa dentro da metodologia proposta de forma a garantir subsídios demonstrado para a colocação em prática da gestão e compatibilização dos projetos complementares ao projeto de restauração arquitetônica.

A extensão possibilita a interface entre a academia e a sociedade, com vistas a disponibilizar as pesquisas e projetos de um bem tombado reconhecido de importância para a comunidade de Sarandira e de Juiz de Fora.

Buscou-se com a relação entre ensino, pesquisa e extensão, de forma articulada visando a ampliação e detalhamento de processos de ensino e aprendizagem colaborando efetivamente para a formação profissional de discentes, docente e profissionais externos a UFJF, formando profissionais e cidadãos.

Considerações finais

Os cinco projetos de extensão produziram os seguintes resultados em atendimento a metodologia utilizada baseada no Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural do Programa Monumenta/ IPHAN (2005).

1) Relatório histórico contendo:

- Descrição sumária do contexto histórico no qual a edificação foi construída;
- Descrição sumária do histórico da região e distrito onde se encontra a edificação;
- Descrição do histórico do bem com informação sobre o período da construção e das intervenções posteriores;
- Reprodução de documentação iconográfica e fotográfica.

2) Caderno técnico gráfico compreendendo as atividades de conhecimento da forma da edificação, obtidos por meio de vistorias e levantamentos, representações gráficas e fotográficas:

- Levantamento Cadastral – representação gráfica das características físicas e geométricas da edificação com planta de situação, plantas baixas, planta de cobertura, cortes, fachadas e detalhes;

- Documentação Fotográfica – complementando a compreensão da edificação e registro do seu estado atual (anterior a execução de intervenção). Apresentada em fichas individuais, abrangendo fotos externas do entorno, fachadas, cobertura, detalhes e fotos internas de visão geral, de pôr menores e detalhes;
- Análise tipológica com identificação de materiais e sistema construtivo.

3) Mapeamento de danos, com objetivo de representar graficamente todos os danos identificados na edificação para relacionar aos seus agentes e causas.

4) Caderno de diagnóstico com levantamento das degradações da edificação, avaliação do estado de conservação dos materiais, identificando os agentes degradadores tais como agentes externos, agentes inerentes à edificação – decorrentes do projeto e da sua execução e os decorrentes do uso e da manutenção.

5) Projeto básico de intervenção com:

- Caderno técnico de projeto, com memorial descritivo contendo todas as ações projetuais a serem detalhadas visando a execução, apresentando as justificativas conceituais, as soluções técnicas, os usos definidos e as especificações de materiais;
- Material técnico gráfico, consistindo na representação gráfica da proposta em plantas técnicas – planta de situação, plantas baixas, planta de cobertura, cortes, fachadas e detalhes gerais.

De acordo com o panorama do projeto, assim como a forma como ele foi estruturado, pode-se concluir que, após três anos de trabalho, apesar de alguns obstáculos que eventualmente foram encontrados pelo caminho, o saldo final foi positivo, incluindo os demais anos que se seguiram com intensos trabalhos sendo finalizados. As obras de restauração começaram em 2021, sendo até o momento realizado as obras de restauração estrutural e material.

Agradecimentos

Agradecemos a pró-reitora de Extensão da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo apoio e a possibilidade de executar os cincos projetos de extensão apresentados neste artigo.

Referências

IPHAN, Programa Monumenta. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

ESTEVES, Albino. NEUMMAN, Sérgio (org.). **Álbum do Município de Juiz de Fora**. Funalfa. 3ª edição. 2008.

LIVRO DE TOMBO, 1937 a 1962.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA**. Processo de Tombamento nº 3103 de 2003**. Dispõe sobre o Tombamento da Igreja de Nossa Senhora do Livramento. Distrito de Sarandira. MG. Histórico de Sarandira.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA. **Decreto nº 8.437 de 28 de dezembro de 2004.** Dispõe sobre o Tombamento da Igreja de Nossa Senhora do Livramento. Distrito de Sarandira. MG. Histórico de Sarandira.

Capítulo 7

O lúdico como proposta pedagógica para o debate sobre acessibilidade e inclusão social no espaço público de lazer: o caso do Jardim Botânico de Juiz de Fora

Bruna Souza Leite Labanca[15]
Willian Fagundes Silva[16]
Myrtes Raposo[17]
Frederico Braida[18]
Márcia Moreira Rangel[19]
Jaqueline Aparecida Trovato dos Santos[20]

Introdução

No contexto atual, em que a diversidade e a inclusão são reconhecidas como valores fundamentais em todas as esferas da sociedade, a academia desempenha um papel crucial na disseminação de conhecimentos e práticas que promovam a igualdade de oportunidades. Nesse sentido, o projeto de extensão "Passeando pelo Jardim Botânico: um exercício de cidadania" foi pensado para o público infantojuvenil, utilizando a ludicidade e o letramento inclusivo como ferramentas pedagógicas.

[15] Graduanda em Design da Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Artes e Design (IAD/UFJF), bruna.labanca@estudante.ufjf.br, https://orcid.org/0009-0007-8759-5922
[16] Graduando em Design da Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Artes e Design (IAD/UFJF), silva.willian@estudante.ufjf.br, https://orcid.org/0009-0004-4380-9587
[17] Doutora em História pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Artes e Design (IAD/UFJF) , myrtes.raposo@ufjf.br, https://orcid.org/0000-0002-0199-4639
[18]Doutor em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Departamento de Projeto, Representação e Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo (DPRT/UFJF) frederico.braida@ufjf.br, https://orcid.org/0000-0002-7735-8380
[19] Doutora em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Departamento Núcleo Design (IF Sudeste MG), marcia.rangel@ifsudestemg.edu.br, https://orcid.org/0000-0002-3208-2448
[20] Pós-graduada em Matemática pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), Fundação Cultural Alfredo Ferreira Lage (FUNALFA/PJF), jaquelinetrovato2024@gmail.com,

A escolha por esse público-alvo se deu, assim como relatado por Alves e Teixeira (2022), pois o período de alfabetização infantil (e podemos ampliar para toda a infância e juventude) é o melhor momento para o desenvolvimento cognitivo e social, o qual é capaz de estimular a compreensão e a sensibilização da criança (e do jovem) sobre temas variados, incluindo aqueles relacionados à democracia e à educação para a diversidade.

> Quando falamos na importância da ludicidade no processo de ensino – aprendizagem faz-se necessário pontuar que o trabalho terá uma ênfase em buscar estratégias que identifiquem a necessidade de incluir o lúdico no ensino por meio de pesquisas, observações e escritos [...] (Alves; Teixeira, 2022, p. 606).

E é nesse terreno fértil que a descoberta, a experimentação e a discussão sobre a importância da inclusão e da acessibilidade no ambiente construído apresentam mais fluidez. A inclusão dessas temáticas na fase de formação de crianças e jovens não somente os preparam para uma sociedade mais diversa, como também os tornam cidadãos multiplicadores, inclusivos e anticapacitistas.

O projeto relatado neste capítulo buscou uma abordagem educacional, inspirada nos princípios de Paulo Freire, indo além da simples transmissão de conhecimento, engajando ativamente os alunos na construção do saber e na reflexão sobre questões sociais complexas, para catalisar transformações positivas em nosso tecido social (Freire, 1996).

Conforme Vygotsky (2001 *apud* Sousa; Tagarro, 2020, p. 134), " é a partir dos diversos materiais lúdicos e das brincadeiras que as crianças têm mais facilidade para aprender o que lhes é proposto". Ainda segundo o autor (Vygotsky, 1982–1984, p. 281 *apud* Ivic, 2010, p. 16),

> é por meio de outros, por intermédio do adulto, que a criança se envolve em suas atividades. Absolutamente, tudo no comportamento da criança está fundido, enraizado no social. Assim, as relações da criança com a realidade são, desde o início, relações sociais (…) (Vygotsky, 1982–1984, p. 281 *apud* Ivic, 2010, p. 16)

A utilização de um material lúdico que tenha como perspectiva os conceitos de acessibilidade contribui para o pensar inclusivo com enfoque nas relações sociais que serão estabelecidas, como em um despertar de curiosidade a respeito de assuntos voltados para o cultural e o social.

O material lúdico-pedagógico, cartilha, promotor do debate sobre a inclusão voltado ao público infantojuvenil, é o produto do projeto de extensão. Nesse sentido, o desenvolvimento da proposta de criação da cartilha ocorreu em etapas. A equipe de extensão fez visitas ao Jardim Botânico de Juiz de Fora, nas quais foram realizadas caminhadas a pé

pelos espaços abertos a visitações públicas, com o intuito de observar, anotar e fazer registros fotográficos para posterior análise ergonômica. Cabe registrar que a International Ergonomics Association (2000) define que a Ergonomia é a área de estudo que analisa a interação entre o indivíduo e os diversos componentes dos ambientes, assim, buscando reduzir riscos e otimizando esses espaços, tornando-os adequados para todos.

Desse modo, a análise ergonômica realizada no espaço escolhido tratou de avaliar as condições de acessibilidade dos caminhos transitados pelos usuários do Jardim Botânico, a fim de identificar possíveis problemas que prejudiquem a segurança dos deslocamentos e dificultar o senso de localização das pessoas. Foram considerados, nas rotas (em seus pontos de decisão), aspectos como as condições dos caminhos, as barreiras físicas e a sinalização.

Para o projeto conseguir alcançar efetivamente o público infantojuvenil, foi formada uma equipe de extensão, composta por docentes e discentes (bolsistas) do curso de Bacharelado em Design e Arquitetura e Urbanismo, ambos da Universidade Federal de Juiz de Fora, uma docente do curso superior de Tecnologia em Design de Interiores do IF Sudeste MG (IFMG/JF) e uma servidora da Prefeitura de Juiz de Fora, representada pela FUNALFA. O projeto foi desenvolvido juntamente com o grupo de leitura da Biblioteca Municipal Murilo Mendes de Juiz de Fora, formado por um público com idade entre oito e 13 anos, que contribuiu com a produção de material (criação de personagens, sendo alguns pessoas com deficiência (PCD)) para a construção da narrativa da cartilha.

Tendo em vista o exposto, o objetivo geral deste capítulo é apresentar a criação de uma cartilha pedagógica como veículo de debate sobre acessibilidade e inclusão social no ambiente construído, fruto do projeto de extensão “Passeando pelo Jardim Botânico de Juiz de Fora: um exercício de cidadania”.

Cenário da história contada na cartilha

A escolha do Jardim Botânico de Juiz de Fora como cenário da história contada na cartilha ocorreu por ser, segundo o site do Jardim Botânico da Universidade Federal Juiz de Fora (2024), um local de lazer bastante frequentado, principalmente aos finais de semana, e também por estar no perímetro urbano e em uma vasta área verde, de preservação permanente, remanescente da floresta Atlântica que guarda exemplares de mais de 500 espécies vegetais identificadas, entre elas, algumas plantas nativas raras. Essa área verde é também um refúgio de animais silvestres, além de contar com várias nascentes (Colchete Filho; Pedroso; Braida, 2014).

Dadas as suas características, o Jardim Botânico de Juiz de Fora passou a ser *lócus potencial* de experimentações educativas, como as pesquisas científicas relacionadas à fauna e à flora do local, as apresentações de palestras, assim como programas relacionados ao lazer, como a promoção de eventos culturais para a população. Como exemplo, pode-se mencionar o projeto "Trilha do Mel", que se trata de uma colaboração entre os cursos de Design e Biologia da (UFJF).

A Figura 1 apresenta um mapa do Jardim Botânico, com um destaque para as diferentes rotas.

Figura 1: Mapa ilustrativo do Jardim Botânico de Juiz de Fora-MG

Fonte: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024.

Apesar de sua exuberância nativa, a área destinada à visitação pública ainda apresenta inúmeras barreiras físicas em todo o trajeto das trilhas existentes, praticamente impossibilitando que pessoas em cadeiras de rodas, pessoas com mobilidade reduzida, pessoas cegas e/ou pessoas surdas possam usufruir do local de maneira plena e independente, com completa autonomia. Sobre isso, Raposo e Braida (2022, p. 140) apontam que,

> [...] dentro do contexto urbano contemporâneo, os parques públicos assumem um papel fundamental na afirmação das identidades, a partir do uso comum dos espaços/territórios, modificando-se ao mesmo tempo, em que se mesclam em função da introdução de novas culturas e novos conceitos no contexto das interações. É nesse sentido que os grandes espaços verdes das cidades, tais como parques e jardins botânicos, apresentam-se como áreas de grande importância, não somente ecológica, mas também social. Em função disso, é de fundamental importância que espaços verdes públicos apresentem acessibilidade. Ressaltando que um ambiente acessível, livre de barreiras arquitetônicas, transforma-se em um ato de inclusão social [...] (Raposo; Braida 2022, p. 140).

Sob essa ótica, a temática da acessibilidade em espaços públicos de lazer alcança um nível de relevância, uma vez que a concretização de "um ambiente acessível, livre de barreiras arquitetônicas, transforma-se em um ato de inclusão social, de empatia e, mais que isso, de respeito à diversidade." (Raposo; Braida, 2022, p. 140).

Nesse sentido, a Fundação Escola Nacional de Administração Pública (ENAP, 2020, p. 6) intensifica essa narrativa, afirmando que

> as condições de mobilidade das cidades são especialmente importantes para pessoas com deficiência, pessoas idosas, crianças e gestantes. Desta maneira, o projeto urbano pode tanto acolher e convidar as pessoas ao convívio quanto excluir e segregá-las, negando-as o direito à cidade (ENAP, 2020, p. 6).

Com esse propósito, a escolha do local como pano de fundo para discussão e reflexões sobre o tema acessibilidade e inclusão foi bastante apropriada, por ser o Jardim Botânico um local público, destinado ao lazer e que ainda se encontra incipiente no que se refere à acessibilidade física, à orientabilidade e à sinalização, desrespeitando, em grande medida, às condições de mobilidade preconizadas pela legislação vigente.

Metodologia aplicada no desenvolvimento da cartilha

A estrutura metodológica foi pensada sobre três eixos de atuação: (1) revisão bibliográfica, (2) estudo de caso do Jardim Botânico de Juiz de Fora-MG e (3) cartilha pedagógica.

Primeiro eixo: Revisão Bibliográfica

No primeiro eixo, composto prioritariamente por uma revisão bibliográfica, elencou-se o referencial teórico que auxiliou a equipe no entendimento do método de ensino-aprendizagem, utilizando o processo da ludicidade, especialmente no contexto do letramento inclusivo, que, segundo Batista-Júnior (2008, p. 68), pode ser definido como "[...] as práticas nas quais os textos (gêneros discursivos) exercem influência, direta ou indiretamente, no processo de tornar a pessoa com necessidades educativas especiais incluídas na prática escolar".

Através da revisão bibliográfica, foram realizadas reuniões entre os membros da equipe para discussão e compreensão dessa metodologia pedagógica que reconhece que a maioria das crianças desenvolve habilidades em diversos aspectos durante o processo de alfabetização, na primeira infância, portanto, a busca por aproveitamento do potencial se torna imprescindível para a aprendizagem sobre a inclusão social e acessibilidade.

Sabe-se que, tal como apontado por Freire (1996, p. 30), “ensinar implica em respeitar os saberes dos educandos e não simplesmente transferir os conteúdos sem discutir o porquê daqueles conteúdos”. Portanto, o método de ensino-aprendizagem baseado na ludicidade durante o processo de alfabetização, de construção cognitiva infantil, visa não apenas transmitir o conhecimento proposto, mas também envolver os alunos de maneira ativa na construção do próprio aprendizado.

Por fim, é importante ressaltar que esse mesmo processo de aprendizagem se amplia ao público infantojuvenil, visto que crianças e jovens estão em processo de cognição social em formação.

Segundo eixo: Estudo de caso do Jardim Botânico de Juiz de Fora

Para construir uma cartilha de orientação sobre acessibilidade em espaços públicos, a segunda etapa foi realizada pela visita ao Jardim Botânico da UFJF, para identificar e documentar as barreiras arquitetônicas existentes no local, as quais comprometem o acesso de pessoas com deficiência e/ou mobilidade reduzida. Durante essa etapa, foram realizadas observações sistemáticas, registros fotográficos e anotações em diário de campo. Essas técnicas propiciaram à equipe realizar uma análise ergonômica detalhada sobre acessibilidade no local, constatando que barreiras físicas existentes no espaço inviabilizam o uso pleno e com autonomia.

Dischinger, Bins Ely e Piardi (2014) apontam quatro elementos fundamentais para a acessibilidade espacial: orientação espacial, comunicação, deslocamento e uso. Apresentamos, a seguir, o Quadro 1, que traz os quatro elementos da acessibilidade espacial, com seus fundamentos e exemplos dos autores. É importante salientar que a acessibilidade espacial depende do atendimento completo desses elementos, e que a falha em satisfazer apenas um deles pode comprometer os demais, dependendo das condições e necessidades dos usuários.

Quadro 1: Quatro elementos fundamentais para a acessibilidade espacial

Orientação	A orientação espacial é determinada por características presentes no ambiente, que permitem aos indivíduos reconhecerem funções, concordâncias e identidades que estejam presentes no espaço; localizar-se e definir estratégias para seu deslocamento faz parte do quesito de orientação. A título de exemplo, em parques e locais públicos, a instalação de placas de sinalização clara e mapas táteis ajuda as pessoas a se orientarem, encontrarem áreas específicas como *playgrounds*, banheiros e saídas de emergência, facilitando a navegação e o uso do espaço por todos os visitantes, incluindo aqueles com deficiência visual.
Comunicação	As condições de comunicação em um ambiente referem-se às trocas de informações interpessoais, sejam elas com ou sem a necessidade da utilização de equipamentos de tecnologia assistiva que permitam o suporte, o acesso e a compreensão de todos os envolvidos nas trocas de mensagens. Deve ser possível, por exemplo, um visitante surdo, em um parque público, obter informações por meio de um guia que conheça a linguagem de sinais.
Deslocamento	O deslocamento é referenciado a partir do princípio da mobilidade, ou seja, qualquer pessoa pode se movimentar durante todo o percurso de forma independente, segura e confortável, não podendo existir barreiras físicas e nem interrupções. Logo, quando houver desníveis devem existir sistemas alternativos de deslocamento como rampas acessíveis. Portanto, se deve ter sempre uma área suficiente e sem obstáculos que possa permitir o livre trajeto de pessoas em cadeira de rodas e outras tecnologias assistivas ao longo dos percursos que possam o auxiliar.
Uso	O uso se diz respeito à utilização dos espaços e dos equipamentos como um todo, também se inclui a possibilidade real de participação e realização de atividades por todas as pessoas que assim desejarem. Por exemplo, em um parque público, a presença de rampas de acesso e de brinquedos adaptados permite que crianças com mobilidade reduzida possam brincar junto com as outras, garantindo que todos possam usufruir do espaço de forma inclusiva e equitativa.

Fonte: Adaptado de Dischinger, Bins Ely e Piardi (2014).

A seguir, os quadros 2, 3, 4 e 5 apresentam imagens com alguns dos registros realizados durante as visitas técnicas no Jardim Botânico e suas respectivas descrições e análises.

Quadro 2: Componentes de análise de acessibilidade: Orientação

	Deck central Deck central, localizado em uma área bem no interior do Jardim Botânico. Observa-se que não existem sinalizações que indiquem onde uma pessoa está e para que direção seguir.

	Percurso do circuito de visitação Observa-se que, diante de uma bifurcação, não existem sinalizações para que caminho se deve seguir, gerando pontos de dúvida e insegurança nas pessoas.

Fonte: Acervo pessoal dos autores (2023).

Quadro 3: Componentes de análise de acessibilidade: comunicação

	Placa de identificação de espécie de árvore A placa em questão não apresenta nenhuma informação relacionada à periculosidade das plantas ou alguma informação relevante que se comunique com o visitante, para além do próprio nome da espécie.
	Casinhas No decorrer do percurso, é possível deparar com alguns objetos e construções dos quais não se sabe exatamente para o que servem, como essas casinhas. Portanto, tais lugares, por falta de se comunicar com o visitante, pode deixá-lo confuso sem saber a finalidade do que vê.

Fonte: Acervo pessoal dos autores (2023).

Quadro 4: Componentes de análise de acessibilidade: deslocamento

	Escada da Entrada do Museu Há uma escada na sede do Jardim Botânico, entrada para o Museu. Observa-se que não há alternativas para pessoas com mobilidade reduzida ou indicações para pessoas com deficiências visuais.
	Final do caminho Ao chegar no parque, há um caminho feito de ripas de madeira que leva até uma trilha. Observa-se que, ao final do caminho, não há nenhuma rampa ou outro meio de acesso para pessoas que apresentem algum tipo de deficiência física.

Fonte: Acervo pessoal dos autores (2023).

Quadro 5: Componentes de análise de acessibilidade: Uso

	Caminho para Casa Sustentável No caminho percorrido até a Casa Sustentável do Jardim Botânico, é possível observar que o percurso realizado é de difícil acesso. Percebe-se que o caminho contém grama alta, é muito íngreme e pouco visível, dificultando a chegada dos visitantes.
	Quadro da Casa de Educação Ambiental. Há um quadro para apresentações no espaço da Casa de Educação Ambiental. Porém, é notório que, por conta da pia, é muito difícil conseguir acessá-lo.

Fonte: Acervo pessoal dos autores (2023).

Conforme as figuras e análises, fatores excludentes como os apresentados nos quadros dificultam, e muitas vezes inviabilizam, o passeio de pessoas com deficiência e/ou mobilidade reduzida.

Além disso, a falta de avisos e advertências quanto ao perigo de aproximação e toque em plantas tóxicas existentes, os caminhos confusos e a falta de sinalização que evidencie os locais e os caminhos, bem como a falta de advertências na entrada de trilhas que se encontram atreladas à via principal, contribuem potencialmente com riscos de acidentes e o contato com animais silvestres, o que agrava e compromete a utilização do local, principalmente para o público infantil, idoso ou com deficiência.

Terceiro Eixo: A Cartilha Pedagógica

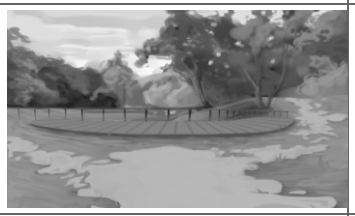
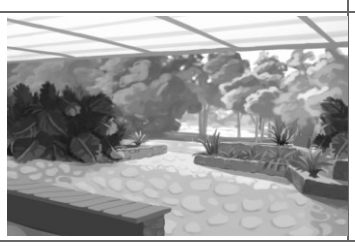
Por se tratar de uma cartilha de cunho educativo, direcionada ao público infantojuvenil, o terceiro eixo trata da elaboração do material gráfico a partir da análise ergonômica da acessibilidade no Jardim Botânico, decorrente dos dados coletados. Foram elaborados diálogos que contam uma história, criadas personagens e desenvolvidas as ilustrações. As ilustrações retratam o Jardim Botânico como cenário de debate sobre os temas acessibilidade e inclusão, a partir da perspectiva dos autores, abordando o lúdico como conteúdo didático. O grupo de leitura da Biblioteca Municipal Murilo Mendes de Juiz de Fora foi responsável pelo desenvolvimento visual das personagens da história. Para a construção da cartilha ilustrada, foi desenvolvida, pelos bolsistas, uma narrativa com base em um passeio escolar pelo Jardim Botânico de Juiz de Fora. A história retrata cinco personagens que, juntos,

enfrentam vários obstáculos e realizam observações curiosas durante o trajeto. Ao chegarem ao local, deparam-se com barreiras físicas que impedem o percurso de algumas das personagens, por se tratarem de pessoas com deficiência. A partir de então, a história se desenvolve criando elementos potenciais para o debate e reflexão das demandas cotidianas dos alunos, suscitando o debate a partir de argumentações e reflexões sobre valores sociais, preconceitos, visibilidade de grupos minoritários e, principalmente, empatia e exercício de cidadania.

Para a elaboração dos diálogos, os alunos extensionistas participaram de alguns dos dias de projeto de leitura na biblioteca. A partir dessa vivência, foram produzidos diálogos mais fidedignos com o linguajar infantil, tornando mais verossímil a história.

Desse modo, o Quadro 6 traz imagens para a construção do material gráfico, que foi inicialmente trabalhado na transformação das imagens recolhidas em registros fotográficos para desenhos em meio digital, que serviram de cenário para os eventos da cartilha e os diálogos das personagens.

Quadro 6: Registros fotográficos x Ilustrações dos cenários

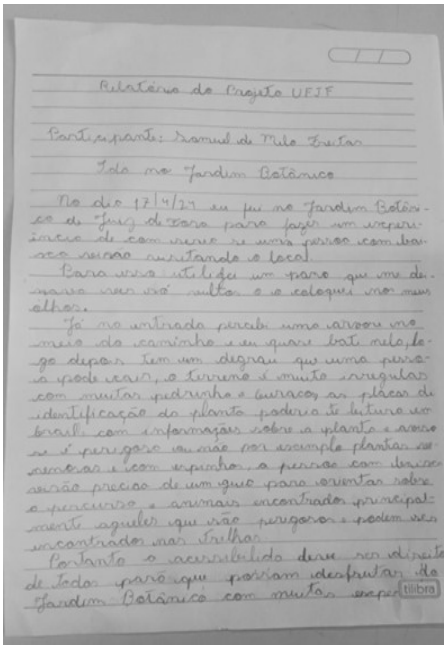
Fotografia	Ilustração	Ambiente
		Chegada / acesso ao Jardim Botânico
		Deck do Jardim Botânico
		Árvore com identificação
		Orquidário

Fonte: Acervo dos autores (2023).

Como se sabe, as vivências e simulações são possibilidades de atentarmos para realidades que são diferentes de cada indivíduo. Deve-se ressaltar que nenhuma vivência substitui a experiência do outro, mas pode ampliar nossa percepção para outras realidades, além de, por exemplo, o contato com pessoas que, de fato, vivenciam as outras realidades.

É nesse sentido que Samuel, participante do projeto de leitura da Biblioteca Municipal de Juiz de Fora que, a partir das observações e relatos feitos pelos extensionistas sobre as dificuldades vivenciadas no Jardim Botânico, resolveu, voluntariamente, juntamente com seus responsáveis, simular a caminhada no local de olhos vendados, vivenciando, a partir de um ponto de vista raramente frequentado por ele, as barreiras do ambiente construído. Desse modo, apresentamos, na figura 2, o seu relato de experiência.

Figura 2: Relato do aluno integrante do projeto



Relatório do Projeto UFJF

Participante: Samuel de Melo Freitas

Ida no Jardim Botânico

No dia 17/4/24 eu fui no Jardim Botâni-
co de Juiz de Fora para fazer um experi-
mento de como seria se uma pessoa com bai-
xa visão visitasse o local.
Para isso utilizei um pano que me dei-
xava ver só vultos e o coloquei nos meus
olhos.
Já na entrada percebi uma árvore no
meio do caminho e eu quase bati nela. De-
pois tem um degrau que uma pesso-
a pode cair, o terreno é muito irregular
com muitas pedrinha e buracos, as placas de
identificação das plantas poderia ter leitura em
braile com informações sobre a planta e aviso
se é perigoso ou não por exemplo plantas ve-
nenosas e com espinho, a pessoa com baixa
visão precisa de um guia para orientar sobre
o percurso e animais encontrados principal-
mente aqueles que são perigosos e podem ser
encontrados nas trilhas.
Portanto o acessibilidade deve ser direito
de todos para que possam desfrutar do
Jardim Botânico com muitas experi

Fonte: Acervo dos autores (2024).

De acordo do a Figura 2, tem-se o seguinte texto:

> “Relatório do Projeto UFJF
> Participante: Samuel de Melo Freitas
> Ida no Jardim Botânico
> No dia 17/04/24, fui ao Jardim Botânico de Juiz de Fora para fazer uma experiência de como seria se uma pessoa com baixa visão visitasse o local. Para isso, utilizei um pano que me deixava ver só vultos e o coloquei nos meus olhos.
> Já na entrada, percebi uma árvore no meio do caminho e eu quase bati nela. Logo depois, tem um degrau onde uma pessoa pode cair, o terreno é muito irregular, com muitas pedrinhas e buracos. As placas de identificação das plantas poderiam ter uma leitura em braile com informações sobre a planta e avisar se é perigoso ou não. Por exemplo, plantas venenosas e com espinhos, a pessoa com baixa visão precisa de um guia para orientar sobre o percurso e

> animais encontrados, principalmente aqueles que são perigosos e podem ser encontrados nas trilhas.
> Portanto, a acessibilidade deve ser direito de todos para poderem desfrutar do Jardim Botânico com muitas experiências e sensações, como sons, texturas e cheiros diferentes, tornando uma aventura."

Deve-se enfatizar que a dinâmica relatada não substitui o relato de uma pessoa com baixa visão, a qual possui uma grande potência para a sensibilização a respeito do cotidiano de uma pessoa com deficiência, porém verifica-se que a vivência, quando não realizada de forma caricata, converte-se em um momento de ativação/desenvolvimento da empatia, uma competência socioemocional fundamental para a diminuição das barreiras com vistas à inclusão das pessoas com deficiências.

Considerações Finais

A criação da cartilha e a promoção de debates sobre inclusão social e acessibilidade são fundamentais para construir uma sociedade mais justa e equitativa. Produtos voltados ao público infantil, que abordam questões de inclusão, promovem impactos significativos e ajudam a formar uma geração consciente e empática.

A intenção do artigo é contribuir educativamente na formação de futuros profissionais, de qualquer área do conhecimento, fomentando a empatia e o entendimento sobre a importância da inclusão social e da garantia de direitos equitativos para todas as pessoas.

Ao retratar questões de acessibilidade por meio da cartilha, espera-se que debates e reflexões sobre o tema sejam estimulados desde a infância, perpetuando o sentimento de empatia e inclusão social. O conteúdo da cartilha deve servir como material lúdico para apresentação e conscientização sobre o assunto. Nesse aspecto, também colabora para que áreas públicas de lazer sejam projetadas de maneira equitativa, proporcionando aos frequentadores uma sensação de conforto, segurança e pertencimento.

Além disso, o desenvolvimento de projetos lúdicos apresentados em iniciativas de extensão com fins educativos cria um elo significativo entre a universidade e a população, desempenhando um papel importante na construção de oportunidades e na quebra de paradigmas sociais. No ambiente acadêmico, é possível observar que as pessoas apresentam características, costumes, pensamentos, vivências e idades diversas.

Assim, é importante ressaltar que a participação efetiva de crianças em projetos que visam à aproximação com questões sociais é fundamental para a formação de jovens conscientes do mundo ao seu redor, promovendo o senso crítico de justiça. Através desses

projetos, o entendimento sobre a sociedade e os indivíduos pode ser compartilhado, criando um olhar livre de julgamentos e despertando o entendimento sobre o respeito mútuo.

Cabe, ainda, mencionar que os projetos de extensão influenciam diretamente a formação pessoal, profissional e estudantil de todos os envolvidos, abrindo portas para que propostas sobre o tema sejam desenvolvidas e promovam uma cultura de respeito e integração social.

Como desdobramento, vislumbra-se, a partir da criação da cartilha como produto final do projeto, a divulgação em instituições de ensino fundamental. A cartilha servirá como elemento provocador de debates sobre o tema inclusão social e cidadania, partindo da conscientização de que direitos sociais devem ser pensados de maneira equitativa.

Portanto, espera-se que a criação e distribuição de uma cartilha lúdica/pedagógica tenha potencial para gerar impactos significativos, promovendo uma mudança positiva nas atitudes políticas e práticas que afetam a vida cotidiana de toda comunidade, principalmente das pessoas com deficiência.

Referências

ALVES, Mariana Silva; TEIXEIRA, Verônica Rejane Lima. A importância da ludicidade no processo de alfabetização e letramento nos anos iniciais do ensino fundamental. **Id on Line Rev. Psic.**, out. 2022, v. 16, n. 63, p. 596-610. Disponível em: https://doi.org/10.14295/idonline.v16i63.3588; Acesso em: 10 abr. 2024.

BATISTA-JÚNIOR, José Ribamar Lopes. **Os discursos docentes sobre inclusão de alunas e alunos surdos no ensino regular**: identidades e letramentos. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Linguística) - Instituto de Letras, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/1394/1/DISSERTACAO_2008_JoseRibamarLBJunior.pdf. Acesso em: 12 abr. 2024.

COLCHETE FILHO, Antonio; PEDRO, Emmanuel Sá resende; BRAIDA, Frederico. **Áreas verdes em Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Ed. UFJF; Funalfa, 2014.

DISCHINGER, Marta; BINS ELY, Vera Helena Moro; PIARDI, Sonia Maria Demeda Groisman. **Promovendo acessibilidade espacial nos edifícios públicos:** programa de acessibilidade às pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida nas edificações de uso público. Florianópolis: MPSC, 2014. Disponível em: https://documentos.mpsc.mp.br/portal/conteudo/cao/ccf/Manual/Manual%20Acessibilidade_2014_web.pdf. Acesso em: 20 maio 2024.

ENAP. **Acessibilidade em espaços urbanos.** Brasília: ENAP, 2020. Disponível em: http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/5455. Acesso em: 8 mar. 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **What is Ergonomics?** 2000. Disponível em: https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/. Acesso em: 20 abr. 2024.

IVIC, Ivan. **Lev Semionovich Vygotsky**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010. (Coleção Educadores).

RAPOSO, Myrtes; BRAIDA, Frederico. Spatial orientation and accessibility in the Botanical Garden of Juiz de Fora, Minas Gerais (Brazil). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 10, n. 75, 2022. DOI: 10.17271/23188472107520223173. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/3173. Acesso em: 15 abr. 2024.

SOUSA, R.; TAGARRO, M. A importância do uso de materiais lúdicos e jogos na educação de infância. **Revista da UI_IPSantarém**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 129–143, 2020. DOI: 10.25746/ruiips.v8.i2.20671. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/uiips/article/view/20671. Acesso em: 27 jun. 2024.

Capítulo 8

Desafios e benefícios da interdisciplinaridade na Iniciação Científica: Experiências no ICE/UFJF

Giovani Peterson Alves Mendes[21]
Tiago M. Magalhães[22]

Introdução

A interdisciplinaridade é uma abordagem cada vez mais valorizada na pesquisa científica contemporânea, pois permite a integração de conhecimentos e métodos de diferentes áreas para solucionar problemas de maneira inovadora. Essa abordagem é essencial em contextos acadêmicos e de pesquisa, onde a colaboração entre diversas disciplinas pode gerar soluções inovadoras. Estudos recentes destacam a importância da interdisciplinaridade na promoção de avanços científicos e tecnológicos. (LIMEIRA *et al*., 2021).

Contudo, a implementação prática da interdisciplinaridade enfrenta desafios significativos, incluindo barreiras de comunicação e metodológicas entre diferentes áreas do conhecimento. A superação dessas barreiras exige uma comunicação eficaz e uma disposição para aprender e integrar perspectivas diversas. Pesquisadores de diferentes disciplinas muitas vezes enfrentam dificuldades para encontrar uma linguagem comum e harmonizar diferentes metodologias e teorias, o que pode dificultar a colaboração (KLEIN, 2017), (SANTOS *et al.*, 2018).

Apesar dos benefícios reconhecidos, há uma lacuna na literatura sobre como estudantes de diferentes áreas se adaptam e beneficiam-se de experiências interdisciplinares em estágios iniciais de suas carreiras acadêmicas. Este artigo busca explorar como a participação em um ambiente interdisciplinar de pesquisa pode impactar o desenvolvimento acadêmico e profissional de um estudante de administração. O estudo foca na experiência de Giovani Peterson Alves Mendes, estudante de Administração na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que atuou como bolsista de iniciação científica no Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas (ICE). Durante seu período como bolsista, o

[21] Bacharel, Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, 0000-0001-9814-5539, giovani.peterson@estudante.ufjf.br
[22] Doutor, Departamento de Estatística, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, 0000-0003-3814-9532, tiago.magalhaes@ufjf.br

estudante teve a oportunidade de colaborar com pesquisadores de diversas disciplinas e enfrentar desafios significativos que ampliaram suas competências técnicas e analíticas.

A experiência do estudante no ICE/UFJF oferece uma oportunidade para explorar esses aspectos. Participando de dois projetos de pesquisa principais – análise de questionários utilizando métodos estatísticos não paramétricos e a caracterização espacial dos municípios de Minas Gerais através de indicadores socioeconômicos – Giovani enfrentou desafios que incluem a necessidade de dominar novas técnicas estatísticas, aprender a utilizar *softwares* especializados, como o R (R Core Team, 2022), e lidar com a integração e análise de grandes conjuntos de dados socioeconômicos.

Este estudo visa contribuir para a literatura ao fornecer um relato de uma experiência interdisciplinar bem-sucedida, oferecendo *insights* para futuras iniciativas similares. A compreensão desses processos pode ajudar instituições de ensino a desenvolver programas mais eficazes de iniciação científica, promovendo a interdisciplinaridade e preparando melhor os estudantes para os desafios do mundo acadêmico e profissional.

O presente artigo, além da introdução, conta com as seguintes seções: a Metodologia, que descreve os procedimentos e abordagens utilizados durante a pesquisa; a Trajetória Acadêmica, que detalha a experiência prévia e o desenvolvimento do estudante no contexto interdisciplinar; a Análise de Dados, que apresenta os resultados obtidos e sua interpretação; a Experiência Interdisciplinar, que discute os desafios e ganhos associados à integração de conhecimentos; e, finalmente, a Premiação no SEMIC, que destaca o reconhecimento obtido pelo trabalho no Seminário de Iniciação Científica da UFJF.

Metodologia

Este estudo adotou a metodologia de relato de experiência, que, segundo Mussi, Flores e Almeida (2021), permite a apresentação crítica de práticas e intervenções científicas, fundamentando a construção de conhecimento a partir de vivências acadêmicas. Realizado no contexto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e do Programa Institucional de Voluntários de Iniciação Científica (PIVIC) da UFJF, este estudo documenta a experiência de Giovani Peterson Alves Mendes como bolsista de iniciação científica no ICE, especificamente no Departamento de Estatística, sob a orientação do professor Tiago M. Magalhães. A participação envolveu colaboração com outros pesquisadores e estudantes do ICE.

Durante sua participação, o discente teve acesso a recursos computacionais, além de um ambiente colaborativo com outros alunos de iniciação científica, criando um contexto

ideal para a realização de pesquisas interdisciplinares. A experiência foi descrita de modo a contemplar os elementos informativos, referenciados e críticos sugeridos para esse tipo de produção acadêmica, destacando as metodologias empregadas, os resultados obtidos e a reflexão crítica sobre o processo de pesquisa no ambiente universitário.

Trajetória acadêmica:

Em relação à trajetória de Giovani Mendes, um estudante do curso de Administração da UFJF, com interesse particular em análise de dados e pesquisa científica. Antes de sua participação no ICE, ele havia acumulado experiência em dois projetos de iniciação científica. O primeiro projeto, intitulado **"Capacidades Estatais e Desenvolvimento Tecnológico"**, focou em técnicas de estatística descritiva, onde ele desenvolveu habilidades em coleta, organização e análise de dados quantitativos. Este projeto forneceu ao discente uma base sólida em métodos estatísticos básicos e no uso de ferramentas de análise de dados.

O segundo projeto, intitulado **"Capacidades estatais e desenvolvimento de política de inovação tecnológica na Zona da Mata Mineira"**, exigiu que o aluno trabalhasse com técnicas de análise multivariada para investigar questões no seu campo de estudo. Foi durante esta segunda experiência que o aluno em questão realizou contato com o professor Magalhães, que anteriormente havia sido seu professor nas disciplinas de Estatística Econômica I e II. A necessidade de aprofundar-se em técnicas estatísticas avançadas levou o discente a estudar mais a fundo a análise de dados multivariada, aplicando esses conhecimentos em questionários desenvolvidos durante a iniciação científica.

A dedicação do estudante em aprender e aplicar essas técnicas chamou a atenção do professor, que o convidou para participar de um projeto no Departamento de Estatística. Essa colaboração se estendeu a um segundo projeto de iniciação científica, no ano seguinte. O primeiro projeto focou na análise de questionários utilizando métodos estatísticos não paramétricos, com o objetivo de avaliar a confiabilidade e validade dos dados coletados. Para isso, foram simulados dados de questionários e organizados em um banco de dados, utilizando o software R. O segundo projeto envolveu a caracterização espacial dos municípios de Minas Gerais através de indicadores socioeconômicos, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para explorar padrões e relações geográficas. Os dados socioeconômicos foram obtidos de fontes como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), integrados em um sistema SIG e analisados para identificar padrões e correlações espaciais.

Análise de Dados

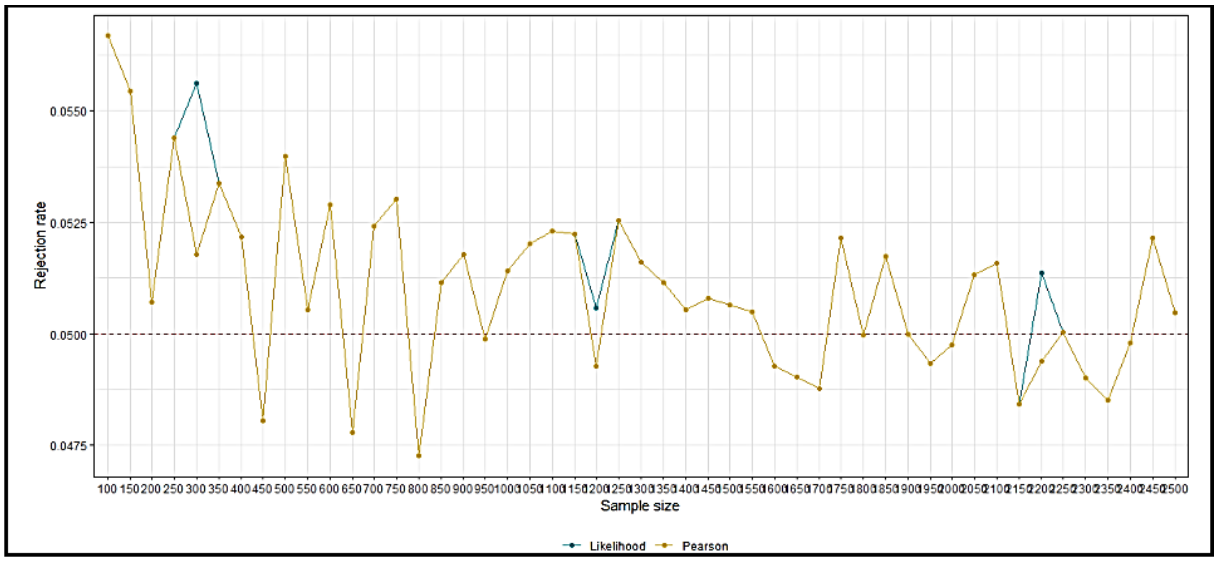
Projeto: Métodos estatísticos para avaliar questionários

O objetivo principal da pesquisa foi avaliar como o tamanho da amostra afeta a confiabilidade dos testes estatísticos, focando especificamente nos testes não-paramétricos de verossimilhança e de Pearson. A pesquisa buscou determinar se o tamanho da amostra influencia a taxa de rejeição das hipóteses testadas por esses métodos. Para entender o que foi feito nesta pesquisa, ela foi dividida em quatro passos principais.

Primeiro, a avaliação da confiabilidade dos testes foi realizada utilizando simulações Monte Carlo. Essas simulações permitiram avaliar a confiabilidade e a taxa de rejeição de ambos os testes em diferentes cenários. Esta etapa foi fundamental para determinar se os testes são apropriados para a análise estatística dos dados coletados na pesquisa. As simulações Monte Carlo criaram cenários variados, proporcionando uma visão clara sobre como os testes de verossimilhança e de Pearson se comportam em diferentes situações.

Em segundo lugar, o código utilizado variou o tamanho da amostra para verificar como as taxas de rejeição dos testes se comportam à medida que o tamanho da amostra aumenta. Este processo forneceu informações importantes sobre como a confiabilidade dos testes pode variar com o tamanho da amostra, ajudando a determinar o tamanho ideal da amostra para garantir resultados precisos e confiáveis. Observou-se que quanto maior o tamanho da amostra, mais confiável se torna o teste, pois a flutuação na taxa de rejeição se torna mais consistente, aproximando-se dos 5%, valor definido como ideal para o estudo.

Figura 1: Gráfico da taxa de rejeição em relação ao tamanho da amostra nos teste de verossimilhança e de Pearson.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

O gráfico da figura 1 mostra a taxa de rejeição (eixo vertical) em relação ao tamanho da amostra (eixo horizontal) para os testes de verossimilhança e de Pearson. A linha tracejada vermelha representa a taxa de rejeição ideal de 5%. Podemos observar que, à medida que o tamanho da amostra aumenta, as taxas de rejeição dos testes flutuam em torno desse valor ideal, indicando maior consistência e confiabilidade com amostras maiores.

O terceiro passo envolveu a comparação dos testes de verossimilhança e de Pearson. Ao executar ambos os testes e comparar suas taxas de rejeição, foi possível determinar se os testes produzem resultados consistentes ou se um deles é preferível. Esta comparação é valiosa para escolher o teste mais apropriado para análises futuras, permitindo uma análise mais robusta e informada dos dados.

Finalmente, a visualização dos resultados foi realizada através da geração de gráficos que ajudam a visualizar as taxas de rejeição em relação ao tamanho da amostra. Esses gráficos tornam a interpretação dos resultados mais fácil e clara, facilitando a comunicação dos achados da pesquisa. Os gráficos mostraram que, à medida que o tamanho da amostra aumenta, a taxa de rejeição dos testes se aproxima do valor ideal de 5%, indicando que ambos os testes são confiáveis para detectar a homogeneidade dos grupos.

Os resultados indicaram que a taxa de rejeição para ambos os testes flutua em torno de 5%, sugerindo que os testes são consistentes e confiáveis para detectar a homogeneidade dos grupos. Além disso, observou-se que, quanto maior o tamanho da amostra, mais confiável é o teste, pois a flutuação na taxa de rejeição se torna mais consistente. Este achado sugere que tamanhos de amostras maiores resultam em testes mais confiáveis. A equivalência entre os testes de verossimilhança e de Pearson foi confirmada, com ambos apresentando taxas de rejeição semelhantes. Dessa forma, concluiu-se que qualquer um dos testes pode ser escolhido para análise, uma vez que ambos são igualmente eficazes.

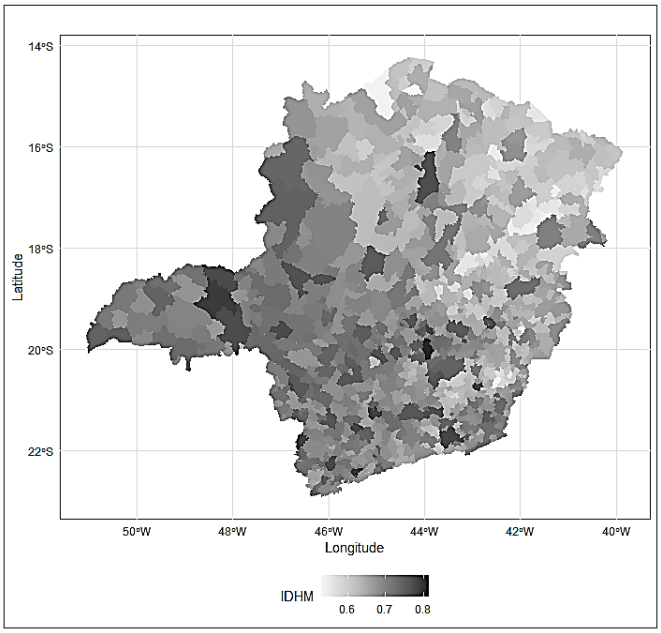
Em suma, a pesquisa revelou que à medida que o tamanho da amostra aumenta, a confiabilidade dos testes não-paramétricos para verificar a homogeneidade dos grupos também aumenta. Estes achados têm implicações práticas significativas para a elaboração de questionários e a análise de dados em diversos campos, como administração, economia e ciências sociais. Garantir a confiabilidade dos testes estatísticos permite que os pesquisadores tomem decisões informadas e baseadas em evidências sólidas, melhorando a qualidade das pesquisas e das políticas derivadas desses estudos.

Projeto: Sistemas de informações geográficas e análise espacial: descrevendo os municípios de Minas Gerais através de indicadores socioeconômicos

Após a conclusão do primeiro projeto, a pesquisa avançou para o segundo estudo intitulado "Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial: Descrevendo os Municípios de Minas Gerais através de Indicadores Socioeconômicos". Este projeto tem como objetivo principal analisar espacialmente os municípios de Minas Gerais utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e dados socioeconômicos, com foco especial no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Através dessa análise, busca-se entender melhor as disparidades regionais e identificar padrões que possam influenciar políticas de desenvolvimento regional.

Para alcançar esses objetivos, a metodologia do projeto envolve diversas etapas. Inicialmente, foi realizada a preparação e o estudo dos Sistemas de Informações Geográficas, seguidos pela coleta e análise dos indicadores socioeconômicos dos municípios de Minas Gerais. Utilizando o *software* estatístico R, foram desenvolvidos scripts de programação para processar e analisar os dados, permitindo uma abordagem robusta e detalhada na avaliação espacial dos indicadores.

Figura 2: Análise Espacial IDHM Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

A figura 2 apresenta um mapa do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) em Minas Gerais, onde as variações nos tons de cinza representam diferentes níveis de IDHM entre os municípios. Os tons mais escuros indicam valores mais altos de IDHM,

enquanto os tons mais claros refletem valores mais baixos. Observa-se que, no sul de Minas Gerais, há uma predominância de tons mais escuros, sugerindo que essa região possui municípios com IDHMs relativamente elevados. Em contraste, o norte do estado apresenta uma predominância de tons mais claros, indicando menores níveis de desenvolvimento humano.

Além disso, no centro do estado, especialmente nas proximidades de Belo Horizonte, há uma variação considerável nos tons, refletindo uma diversidade nos níveis de desenvolvimento humano entre os municípios. A variação acentuada dos tons de cinza neste mapa destaca as desigualdades regionais em Minas Gerais, fornecendo insights importantes que podem contribuir para a formulação de políticas públicas mais direcionadas e eficazes.

Esta análise espacial do IDHM em Minas Gerais está em andamento e representa uma parte crucial do projeto, uma vez que permite a visualização das disparidades regionais e oferece uma base sólida para estudos futuros sobre desenvolvimento econômico e social na região.

É interessante pontuar que a construção do mapa do IDHM em Minas Gerais, realizada no âmbito do projeto "Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial", exigiu um domínio técnico avançado e a aplicação de diversas bibliotecas especializadas do software R. Esse processo foi mais complexo do que uma simples visualização de dados, envolvendo a integração meticulosa de informações espaciais e socioeconômicas, com a utilização de técnicas sofisticadas de programação e análise geoespacial.

O desenvolvimento do mapa iniciou-se com a importação de bibliotecas críticas para a análise, como "dplyr", "geobr", "ggplot2", "readxl", e "sf". Cada uma dessas bibliotecas desempenhou um papel crucial na manipulação dos dados e na criação do mapa. A biblioteca "geobr" foi utilizada para obter os dados geográficos dos municípios de Minas Gerais em formato de geometria simples (sf), adequado para análises espaciais no ambiente R. Posteriormente, os dados socioeconômicos, incluindo o IDHM, foram importados a partir de uma planilha Excel usando a função "read_excel" da biblioteca "readxl".

A integração entre os dados geográficos e os socioeconômicos foi realizada por meio da função "left_join" do "dplyr", que combinou as bases de dados dos municípios com os indicadores socioeconômicos com base nos códigos dos municípios. Esta etapa foi fundamental para que as informações geográficas pudessem ser associadas aos dados do IDHM, permitindo uma análise integrada e detalhada do desenvolvimento socioeconômico nos municípios de Minas Gerais.

Para a criação do mapa, foi empregada a função "ggplot" da biblioteca "ggplot2", conhecida por sua capacidade de gerar visualizações detalhadas e precisas. O mapa foi configurado para mostrar os diferentes níveis de IDHM por meio de uma escala de cores, onde os tons mais escuros indicam maiores níveis de desenvolvimento humano, enquanto os tons mais claros indicam níveis mais baixos. A função "geom_sf" foi utilizada para a plotagem dos dados espaciais, com personalizações adicionais, como a escolha da paleta de cores ("scale_fill_distiller") e a posição da legenda ("theme_minimal" com "legend.position = 'bottom'"), para garantir que o mapa fosse não apenas informativo, mas também visualmente coerente e acessível.

O desenvolvimento desse mapa apresenta desafios consideráveis, exigindo um aprofundamento significativo do aluno nas ferramentas de programação do R. A compreensão e a aplicação correta das funções necessárias para a criação do mapa demandaram um esforço substancial, envolvendo estudo contínuo, tentativa e erro, e uma aplicação prática dos conceitos estatísticos e geoespaciais adquiridos ao longo da pesquisa.

Experiência interdisciplinar

A experiência interdisciplinar na pesquisa científica pode ser tanto desafiadora quanto enriquecedora, especialmente para estudantes que transitam entre áreas de conhecimento distintas. No caso do discente, como estudante de Administração imerso no ambiente da Estatística, essa transição apresentou uma série de desafios, mas também proporcionou ganhos inestimáveis.

Um dos principais desafios foi a dificuldade em programação R, essencial para a análise de dados estatísticos sofisticados. O RStudio (Posit team, 2023), uma das principais ferramentas utilizadas, possui uma certa dificuldade o que demandou um esforço considerável para dominar as funcionalidades básicas e avançadas. A programação no R envolvia frequentes erros e tentativas, exigindo paciência e persistência para depurar códigos e alcançar os resultados esperados.

Adentrar um ambiente novo, como o laboratório de estatística, também foi desafiador. Esse espaço, frequentado por outros alunos bolsistas, exigiu uma adaptação rápida não apenas às novas rotinas e características das pessoas em outro departamento, mas também à dinâmica de colaboração com colegas de diferentes formações e níveis de experiência. Apesar das dificuldades iniciais, essa experiência revelou-se enriquecedora, pois possibilitou uma troca constante de conhecimentos. A interação com outros bolsistas, que muitas vezes enfrentam

desafios semelhantes, promoveu um ambiente de aprendizado colaborativo onde pode tanto ajudar quanto ser ajudado.

Outro desafio significativo foi a necessidade de aprofundar o conhecimento em conceitos estatísticos que vão além do conteúdo abordado nas disciplinas de Estatística Econômica I e II oferecidas na Faculdade de Administração. Estudar livros de estatística e compreender esses conceitos mais complexos foi essencial para a realização das análises no projeto, mas também exigiu um investimento considerável de tempo e esforço.

Apesar dos desafios, a experiência interdisciplinar trouxe inúmeros ganhos. A superação das dificuldades em programação E resultou em uma habilidade valiosa que ampliou significativamente minha capacidade de análise de dados, tornando-me mais preparado para auxiliar em outras pesquisas no meu campo de estudos. Frequentar o laboratório de estatística e colaborar com outros bolsistas proporcionou um desenvolvimento pessoal e acadêmico. A troca de conhecimentos e a colaboração em projetos comuns reforçaram minha formação, promovendo uma compreensão mais ampla e integrada da abordagem quantitativa, o que eu teria de fato somente na pós-graduação em administração.

Estudar conceitos estatísticos e aplicá-los diretamente na pesquisa proporcionou um aprendizado significativo que vai além da sala de aula. Essa imersão em estatística espacial e análise de dados georreferenciados ampliou meu horizonte acadêmico e profissional, permitindo-me contribuir de maneira mais substancial para o projeto em andamento e para futuras iniciativas de pesquisa.

Premiação no Seminário de Iniciação Científica (SEMIC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

A participação no Seminário de Iniciação Científica (SEMIC) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) constituiu um marco significativo na trajetória acadêmica do presente projeto, intitulado "Métodos Estatísticos para Avaliar Questionários". O SEMIC, evento anual organizado pela Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPP), tem como objetivos principais a divulgação e o reconhecimento dos melhores trabalhos de iniciação científica desenvolvidos na instituição. Este evento assume uma relevância notável no contexto acadêmico, pois oferece uma plataforma para a apresentação, avaliação crítica e disseminação dos resultados das pesquisas conduzidas pelos estudantes.

No âmbito do SEMIC, o trabalho em questão foi submetido a uma avaliação rigorosa, que considerou critérios como a qualidade do resumo, a clareza e organização da apresentação, a originalidade da pesquisa, e a contribuição para a formação do aluno. O

trabalho destacou-se em diversas categorias, recebendo notas de excelência, o que evidencia tanto a relevância do estudo quanto a competência na sua apresentação. Em particular, o resumo do projeto, com um peso de 20% na nota final, foi avaliado de forma positiva por sua clareza e capacidade de sintetizar os elementos mais importantes da pesquisa.

Além disso, a apresentação do vídeo, que teve um peso de 80% na nota final, foi amplamente elogiada pelos avaliadores. O vídeo demonstrou uma abordagem didática e envolvente, assegurando a comunicabilidade eficaz dos resultados e metodologias utilizadas. A avaliação criteriosa dos avaliadores reconheceu a segurança do apresentador na exposição do conteúdo e a forma como o trabalho conseguiu despertar o interesse da audiência, aspectos que são fundamentais em comunicações científicas de alto impacto.

Os critérios de avaliação do SEMIC também incluem a relevância do trabalho para o avanço do conhecimento na área, o que foi destacado em relação ao presente estudo. Este reconhecimento culminou com a classificação do trabalho entre os cinco melhores na categoria de Ciências Exatas, o que resultou em uma menção honrosa. Este reconhecimento acadêmico é significativo, pois valida o esforço e a dedicação despendidos ao longo da pesquisa e reforça o valor da interdisciplinaridade como um facilitador para a produção de conhecimento científico de alta qualidade.

Além do reconhecimento durante o SEMIC, o trabalho foi selecionado para publicação na Revista Principia, uma publicação acadêmica vinculada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF. A seleção para publicação em uma revista acadêmica é um marco que atesta a relevância e a robustez metodológica do estudo, além de proporcionar uma oportunidade para que os resultados sejam disseminados em uma escala mais ampla. A publicação não só amplia a visibilidade do trabalho, mas também contribui para o avanço das discussões acadêmicas em torno dos métodos estatísticos aplicados à análise de questionários.

A experiência no SEMIC, somada à subsequente seleção para publicação, reforça a importância de eventos acadêmicos que promovem a divulgação científica e o desenvolvimento de novos talentos. Esta experiência ilustra como a interdisciplinaridade, ao integrar conhecimentos de Administração e Estatística, pode conduzir a pesquisas inovadoras e relevantes. A premiação e a publicação do trabalho servem como testemunho da qualidade e impacto do estudo, destacando o papel fundamental da iniciação científica na formação de pesquisadores comprometidos com o avanço do conhecimento.

Conclusão

A presente pesquisa explorou a interdisciplinaridade na iniciação científica, tomando como estudo de caso a experiência de um estudante de Administração imerso no ambiente de pesquisa do Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora. Através da análise de dois projetos principais, foi possível observar como a integração de diferentes áreas do conhecimento pode enriquecer a formação acadêmica e profissional dos estudantes.

Os desafios enfrentados, como a necessidade de dominar novas técnicas estatísticas e a adaptação a um ambiente de pesquisa diverso, foram superados através de um esforço contínuo e da colaboração com colegas de diferentes formações. A experiência no laboratório de estatística, marcada pela troca constante de conhecimentos e pelo desenvolvimento de habilidades de comunicação e trabalho em equipe, destacou a importância de um ambiente colaborativo e interdisciplinar para o sucesso acadêmico.

A participação e premiação no Seminário de Iniciação Científica reforçaram a relevância e o impacto positivo da abordagem interdisciplinar. A avaliação positiva e os elogios recebidos pelos avaliadores do SEMIC atestam a qualidade do trabalho realizado e a eficácia da comunicação científica, demonstrando como a integração de conhecimentos de Administração e Estatística pode resultar em pesquisas robustas e inovadoras.

A pesquisa revelou que a interdisciplinaridade não apenas aprimora as competências técnicas e analíticas dos estudantes, mas também promove uma formação mais holística e integrada, preparando-os melhor para os desafios do mundo acadêmico e profissional. Os *insights* obtidos através deste estudo podem auxiliar instituições de ensino a desenvolver programas de iniciação científica mais eficazes, que incentivem a colaboração entre diferentes disciplinas e preparem os estudantes para a inovação e o avanço do conhecimento científico.

Em suma, a experiência interdisciplinar descrita neste artigo evidenciou o valor inestimável de integrar diferentes áreas do saber na formação acadêmica, contribuindo para a solução de problemas complexos de maneira inovadora e eficaz. A iniciação científica, quando aliada à interdisciplinaridade, mostra-se uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento acadêmico e profissional, destacando-se como um catalisador essencial para a inovação e o avanço do conhecimento científico.

Referências

CANDEIA LIMEIRA, J..; KAROLINY NERY DE MENDONÇA, A.; MARCOS CABRAL HERCULANO, A..; JOSÉ ISAAC DE MACÊDO, M..; FERREIRA GOMES, G..; CAVALCANTI RIBEIRO JUNIOR, J..; LIRA DOS SANTOS, S.. A IMPORTÂNCIA DA INTERDISCIPLINARIDADE E USO DAS TECNOLOGIAS NA FORMAÇÃO DISCENTE. Humanas em Perspectiva, [S. l.], v. 61, 2024. DOI: 10.51249/hp01.2024.2019. Disponível em: https://www.periodicojs.com.br/index.php/hp/article/view/2019. Acesso em: 17 jul. 2024.

LIMEIRA, J. C.; MENDONÇA, A. K. N. de; HERCULANO, A. M. C.; MACÊDO, M. J. I. de; GOMES, G. F.; JUNIOR, J. C. R.; SANTOS, S. L. dos. A importância da interdisciplinaridade e uso das tecnologias na formação discente. Humanas em Perspectiva, v. 61, 2024.

MUSSI, Ricardo Franklin de Freitas; FLORES, Fábio Fernandes; ALMEIDA, Claudio Bispo de. Pressupostos para a elaboração de relato de experiência como conhecimento científico. Práx. Educ., Vitória da Conquista , v. 17, n. 48, p. 60-77, out. 2021 . Disponível em <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2178-26792021000500060&lng=pt&nrm=iso>. https://doi.org/10.22481/praxisedu.v17i48.9010.

POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA, 2023. URL http://www.posit.co/.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022.

KLEIN, J. T. (2017). Typologies of interdisciplinarity. The Oxford handbook of interdisciplinarity, 2, 21-34.

Capítulo 9

Experiência com projeto de Iniciação Científica: Análise de sistemas industriais com cargas não lineares considerando técnicas de Inteligência Artificial (IA)

Igor Delgado de Melo[23]
Robert William da Silva[24]

Considerações Iniciais

Este capítulo disserta sobre o desenvolvimento de um projeto de iniciação científica realizada com alunos do curso de Engenharia Elétrica, apresentando um acervo metodológico para analisar a operação de sistemas industriais com cargas não lineares utilizando técnicas de inteligência artificial bem como os desdobramentos, impactos e as conclusões obtidas com o projeto. Neste caso, a metodologia proposta se baseia no uso de RNA (Rede Neural Artificial) para verificar o correto dimensionamento de banco de capacitores a serem utilizados em sistemas industriais, considerando restrições operacionais incluindo índices de qualidade de energia referentes à distorção harmônica e tensão nominal operativa. Os resultados são comparados a softwares utilizados nacionalmente para análise de sistemas elétricos a fim de buscar validação dos mesmos quando aplicados em redes industriais. Os resultados numéricos são explorados neste capítulo, bem como os impactos na progressão dos alunos participantes evidenciando como a iniciação científica impactou em sua formação e no desenvolvimento de outras pesquisas reconhecidas com premiações nacionais.

Sobre o Projeto

O projeto de iniciação científica intitulado 'Análise de sistemas industriais usando inteligência artificial considerando previsão de demanda' foi executado entre o ano de 2021

[23] Doutor em Engenharia Elétrica, da Universideade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Energia,
E-mail: igor.delgado2008@engenharia.ufjf.br
[24] Mestrando em Engenharia Elétrica, da Universideade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica,
E-mail: robert.william@engenharia.ufjf.br

e 2022, contando com bolsistas alunos dos cursos de Engenharia Elétrica, a partir do edital de 2021, da Universidade Federal de Juiz de Fora. Para finalização do mesmo, um vídeo foi gravado e publicado no YouTube explicando os avanços e resultados da pesquisa desenvolvida destinado à apresentação do Seminário de Iniciação Científica (SEMIC), no qual atuam estudantes contemplados por bolsas da UFJF, FAPEMIG e CNPq[25].

A principal motivação para a realização do projeto é o crescente uso de dispositivos elétricos com características não lineares em sistemas industriais, conforme ressaltado por Da Silva *et al* (2020). Como exemplo, cita-se os inversores de frequência, conversores estáticos de reativos, dispositivos tiristorizados, retificadores e fornos a arco. Esses componentes possuem uma relação não linear entre a tensão e corrente associada aos mesmos fazendo com que, durante seu funcionamento, haja o aparecimento de componentes de tensão e corrente em frequências múltiplas da fundamental, 60 Hz no Brasil. Tais componentes são conhecidas por harmônicas e são, geralmente, associadas a múltiplos inteiros ímpares da frequência fundamental. Dessa forma, a terceira ordem harmônica é 180Hz; a quinta é 300Hz e assim por diante (Kagan *et al.*, 2009).

A proliferação de correntes harmônicas em um sistema industrial pode resultar em um aumento da temperatura em cabos elétricos, perda da eficiência de dispositivos eletroeletrônicos, perdas elétricas, solicitações térmicas e mecânicas como superaquecimento e vibrações indesejáveis de máquinas girantes como os motores de indução, responsáveis por acionar diversos equipamentos industriais afetando a continuidade do serviço, seja em um ou mais setores de produção (Hu *et al*, 2023). Adicionalmente, faz-se necessário ressaltar que o uso de cargas não lineares irá impactar diretamente na qualidade de energia do sistema elétrico de distribuição como um todo afetando outros consumidores residenciais, comerciais e/ou industriais bem como a própria rede da concessionária.

Normativas nacionais como o módulo 8 do PRODIST e padrões internacionais como a IEEE 519 apresentam índices máximos permitidos para distorções harmônicas em redes elétricas, sendo um dos índices mais conhecidos como THD (do inglês *Total Harmonic Distortion*) o qual mensura a quantidade percentual de componentes harmônicas presentes em um sinal elétrico de 60Hz (De Souza e Melo, 2024). Para redes de distribuição, esses índices podem atingir valores máximos como 5%, sendo possível identificar casos em sistemas industriais em que esses valores passam a assumir valores mais expressivos.

[25] Link para assistir ao vídeo: https://youtu.be/maYXjr11HM0

O THD de tensão é calculado conhecendo-se o valor da magnitude de tensão na frequência fundamental V^1 e em cada componente V^h de ordem h, considerando todas as componentes obtidas através da análise de Fourier, obtida geralmente até a quinquagésima ordem harmônica ou até um valor H máximo considerado (Kagan *et al*, 2009)..

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{H}(V^h)^2}}{V^1} . 100\%$$

Quando os valores dos índices de qualidade de energia são excedidos, na prática, é necessário corrigí-los. Nesse caso, adota-se como medida mitigatória a instalação de filtros harmônicos (Melo *et al.*, 2020).

Outra questão que tangencia a proliferação de componentes harmônicas é a possibilidade de as correntes poderem interagir com outros equipamentos e com a rede elétrica através do fenômenos da ressonância harmônica. Neste caso, um dos equipamentos mais sensíveis são os bancos de capacitores. Os mesmos são instalados em sistemas industriais para corrigir seu fator de potência. Entretanto, caso sejam dimensionados de forma errônea, podem resultar na amplificação de correntes harmônicas a depender de características da rede elétrica, planta industrial e outros dispositivos conectados no sistema elétrico (Melo *et al.*, 2020).

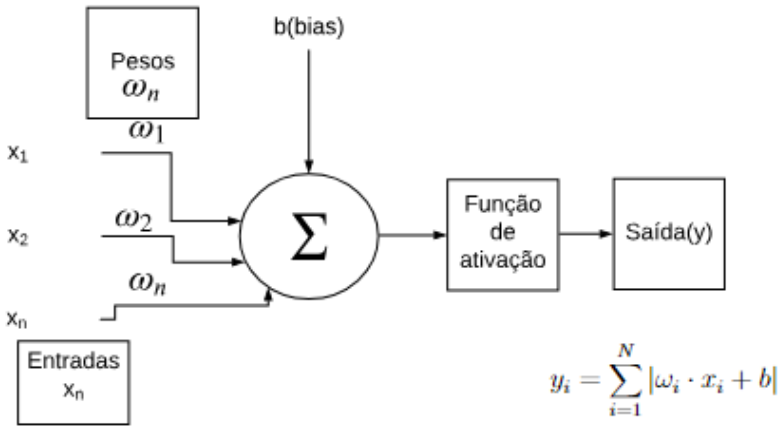
Dentro do âmbito do projeto de pesquisa relatado neste artigo, seu principal objetivo foi analisar sistemas industriais com ferramentas matemáticas e metodologias que permitissem avaliar a operação dessas redes elétricas considerando a modelagem de equipamentos industriais, elementos de redes como fornecimento de energia a partir da concessionária, subestação, painéis elétricos, cargas lineares e não lineares seguindo o Tutorial da PES publicado em 2023 (IEEE/PES, 2003). A partir do treinamento de redes neurais artificiais, o conceito de inteligência artificial é usado para se estimar grandezas elétricas como magnitudes de tensão e distorções harmônicas em um sistema industrial objetivando o dimensionamento de banco de capacitores a serem instalados em baixa tensão. Para a execução do fluxo de potência harmônico, o método de compensação de correntes, conforme descrito em Altgott e Melo (2024), é programado e comparado com resultados de softwares comerciais como o HARMZs e ANAREDE, desenvolvidos pelo CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), do Brasil.

Metodologia

Quando se fala em inteligência artificial, um dos principais métodos de destaque é denominado RNA (Redes Neurais Artificiais) segundo De Souza *et al* (2020). Neste sentido, um neurônio artificial é uma modelagem matemática para representar um neurônio biológico.

A estrutura básica de um neurônio artificial é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Representação de um neurônio artificial



Fonte: Própria autoria.

Esta estrutura possui variáveis de entrada que são associadas aos pesos sinápticos indicados na ilustração, sendo as entradas multiplicadas pelos pesos sinápticos e somados a um sinal adicional (*bias*) que auxilia no processo de ativação do neurônio. Este somatório gera um potencial de ativação que, ao ser submetido a uma função de ativação, gera a saída do neurônio. A escolha da função de ativação depende do tipo de problema e se baseia em funções matemáticas simples como a sigmóide, por exemplo. Existem várias topologias de RNA, que são conjuntos de neurônios interligados entre si, com a finalidade de melhorar o processamento das informações de entrada nos neurônios. Neste trabalho será utilizado uma rede do tipo *feed-forward* (Saha *et al*., 2012).

O treinamento da rede através da aprendizagem supervisionada é feito a partir de iterações, denominadas de épocas, que tem o objetivo de calcular os pesos sinápticos e o *bias* através da minimização do erro entre a combinação linear das entradas com seus respetivos pesos e a saída, de acordo com a função $f(x)$ a seguir que visa minimizar quadraticamente a diferença entre os valores de saída dos neutrônios y_i a partir do ajuste de cada entrada x_i, peso sináptico w_i e o respectivo valor do bias b_i corrrespondente a um i-ésimo neurônio.

$$\min f(x) = \left(y_i - \sum_{i=1}^{N} |w_i x_i + b_i| \right)^2$$

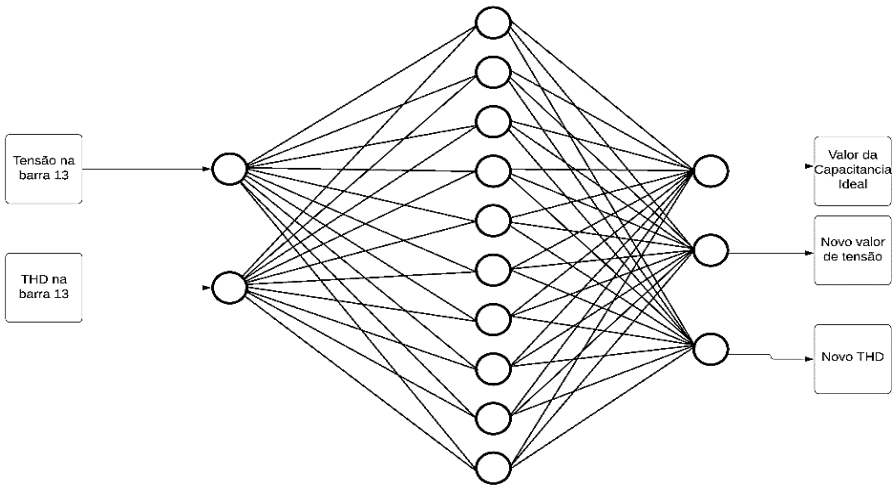
Neste trabalho, o objetivo da rede será estimar, para um sistema industrial, a potência reativa do banco de capacitores conectado para manter as tensões do sistema acima de 0,95 pu[26], THD e o novo valor da tensão após a aplicação do banco.

A Figura 2 apresenta o esquemático da rede neural utilizada neste trabalho. A rede possui duas entradas, uma camada oculta com dez neurônios e três saídas. Em suma, através dos vários casos de estudo gerados aleatoriamente para treinamento da rede, analisa-se a tensão e THD em uma barra do sistema a fim de se determinar: (i) o valor ideal da potência reativa do banco de capacitores, (ii) o novo valor de tensão ; (iii) o valor de THD no sistema após a instalação do banco de capacitores projetado.

A rede é treinada através de vários casos de estudo. Para um determinado carregamento, haverá um certo valor de tensão e THD em um barra de inetresse a ser avaliada, e o algoritmo RNA deverá estimar qual é o melhor valor da potência reativa a ser adicionada naquele ponto e quais serão as estimativas de THD e tensão no mesmo após a inclusão do banco de capacitores estimado.

Assume-se, neste caso, que o banco de capacitores poderá ser chaveado de maneira automática sendo seus valores definidos pela RNA.

Figura 2: Representação da rede neural artificial



Fonte: Própria autoria.

[26] Os valores calculados em pu (por unidade) são comumente adotados em análises de problema na engenharia elétrica, adotando-se como a razão entre um valor mensurado/calculado em relação a um valor base adotado, geralmente tensão ou corrente nominais de um sistema ou equipamento.

A aplicação do método proposto segue o seguinte passo a passo, a fim de gerar casos de estudo para realizar o treinamento da rede neural:

1. Determina-se um nível de carregamento λ associado ao sistema;

2. Resolve-se o fluxo de potência pelo método de Newton-Raphson;

3. Caso alguma barra de interesse tenha nível de tensão abaixo de 0,95 pu, aumenta-se o nível de injeção de potência reativa através do banco de capacitores até que a tensão fique dentro do permitido. Caso a tensão esteja acima de 0,95 pu, mantém-se o valor da capacitância;

4. Resolve-se o fluxo de potência harmônico pelo método da compensação de correntes;

5. Armazena-se os níveis de tensão e THDs das barras de interesse, além do valor da potência reativa do banco de capacitores ;

6. Varia-se o nível de carregamento λ e repete-se o processo para geração de casos a fim de treinar a rede neural.

Com o passo a passo anterior, obtém se os dados necessários para treinamento de uma Rede Neural Artificial que seja capaz de estimar os THDs, a potência do banco de capacitores e o novo nível de tensão na barra de interesse. A motivação para se utilizar a rede neural artificial se dá pela necessidade atual de se automatizar as subestações e a decisão de se determinar a capacitância do banco de capacitores afeta não apenas a tensão do sistema mas também a distorção harmônica, devendo esses dois parâmetros ser averiguados para um correto dimensionamento do banco de capacitores sem prejudicar a qualidade de energia do sistema.

Testes e Resultados

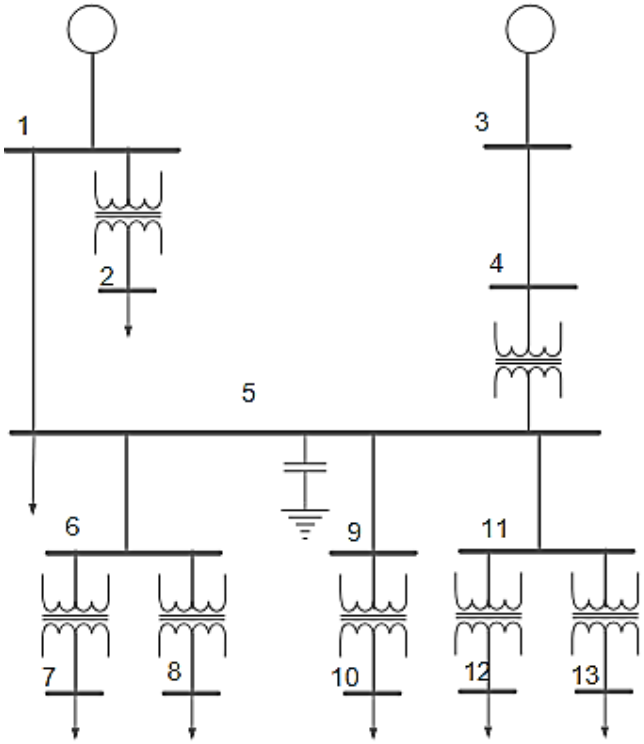
Para se analisar um sistema industrial, um sistema elétrico de 13 barras desenvolvido pelo grupo de estudos em modelagens de sistemas eletricos para estudos do IEEE, apresentado em Abu-Hashim *et al.* (1999), é utilizado durante as simulações computacionais, sendo seu diagrama unifilar apresentado na Figura 3.

Neste trabalho, as simulações foram desenvolvidas no software OCTAVE utilizando a linguagem do MATLAB e validadas nos softwares do pacote CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), ANAREDE (Análise de Redes Elétricas) e o HarmZs.

A barra 3 é a barra de referência angular a qual representa o ponto de entrega de energia em média tensão (69kV). Na barra 1, tem-se uma barra PV que representa uma geração própria a diesel de 13,8 KV, que é o nível de tensão que o barramento principal da

subestação (Barra 5) opera. Na barra 5, tem-se um banco de capacitores para controle de fator de potência e tensão. As barras 7, 8, 10, 12 e 13 são barras de carga e operam em baixa tensão, representando os setores de produção industriais em 440 V. Nas barras 7 e 10, além da presença das cargas lineares, tem-se a presença de cargas não lineares, modeladas como injeção de corrente a partir de valores típicos de cargas industriais, contido no tutorial da IEEE/PES (2003) a serem detalhados na sessão de resultados a fim de analisar o desempenho computacional das metodologia empregadas e desenvolvidas neste trabalho.

Figura 3: Sistema industrial de 13 barras

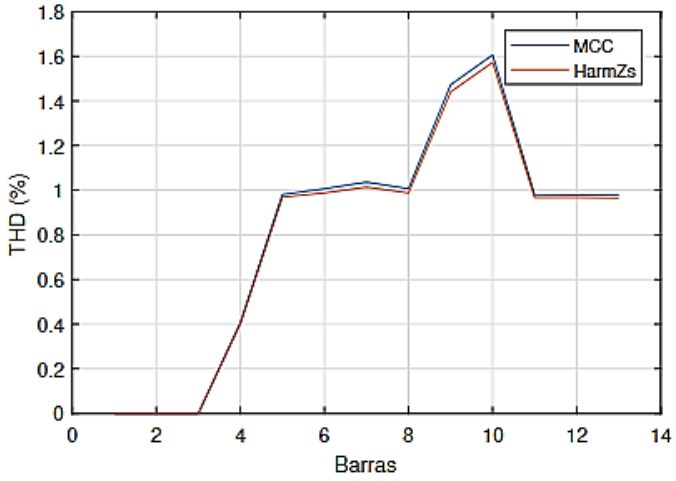


Fonte: Própria autoria.

Como primeiro resultado, tem-se os valores do THD em cada barra do sistema de 13 barras encontrado pelo método da compensação das correntes (MCC) implementado e os respectivos valores encontrados usando o HarmZs, sendo os mesmos apresentados na Figura 4.

Pode-se notar que ambos apresentam valores bastante próximos, validando a implementação computacional proposta inicialmente com um software utilizado nacionalmente.

Figura 4: Resultados obtidos de THD

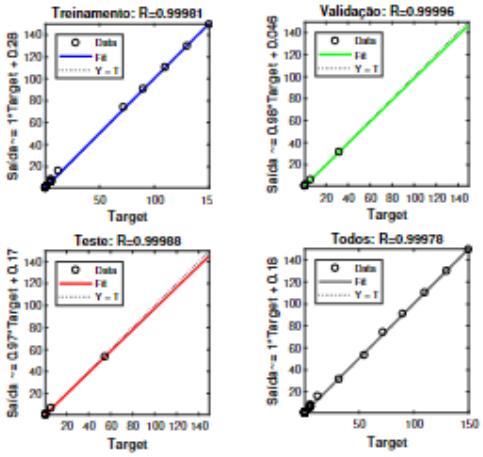


Fonte: Própria autoria.

Para o treinamento da RNA, foi realizado o cálculo do fluxo de potência e do fluxo de potência harmônico, variando-se o carregamento λ de 1 até 15 e armazenado os valores de THD e tensão na barra 13 (barra utilizada para aplicação do método). Os valores são apresentados na Tabela 2.

O gráfico de regressão linear relaciona o valor da saída da RNA desejado e o valor calculado de uma das variáveis de saída e a Figura 5 mostra os resultados do treinamento da rede, através dos gráficos de regressão da variável de cada conjunto de dados do treinamento.

Figura 5: Resultados obtidos de THD



Fonte: Própria autoria.

A Tabela 1 traz uma comparação entre os valores de saída especificados durante a etapa de treinamento e os valores calculados pela rede neural já treinada. A saída da rede neural foi obtida ajustando o valor do banco de capacitores conectado na barra 5 para que a tensão respeite o limite inferior de 0,95 pu na barra 13, em cada valor de carregamento. Os

valores de saída esperada da rede em relação à potência reativa ($Qcap$) do banco de capacitores são apresentados na tabela.

Para fins de validação, a rede neural foi testada para níveis de carregamentos diferentes dos valores utilizados nos grupos de treinamento, os valores de entrada, calculados pela RNA e os valores calculados pelo algoritmo, são apresentados na Tabela 2.

Pode-se notar que, através do uso da ferramenta proposta neste trabalho, foi possível estimar de maneira satisfatória os valores de potência reativa dos bancos, estimar também os valores finais de THD e tensão após a conexão dos mesmos no sistema. Tal fato só foi possível mediante correta modelagem de redes no domínio da frequência, validado através dos softwares do CEPEL.

Tabela 1: Treinamento da RNA.

	Entradas (x_i)		Saídas (y_i)			Calculado pela RNA		
λ	V[pu]	THD(%)	V[pu]	THD(%)	$Qcap$	V[pu]	THD(%)	$Qcap$
1	0,9923	0,9743	0,9923	0,9743	6	0,9915	0,97275	6,0012
2	0,9863	0,9417	0,9863	0,9417	6	0,9862	0,9437	6,0010
3	0,9803	0,9049	0,9803	0,9049	6	0,9794	0,9032	6,0015
4	0,9741	0,8661	0,9741	0,8661	6	0,9754	0,8684	6,0019
5	0,9677	0,8268	0,9677	0,8268	6	0,9681	0,8243	6,0007
6	0,9612	0,7887	0,9612	0,7887	6	0,9583	0,7782	6,4730
7	0,9546	0,7518	0,9546	0,7518	6	0,9542	0,7655	5,9981
8	0,9478	0,7171	0,9501	0,8038	12	0,9528	0,7922	11,7546
9	0,9408	0,6834	0,9502	0,9115	32	0,9517	0,8840	31,9954
10	0,9337	0,6529	0,9515	0,9589	55	0,9508	0,9616	54,9937
11	0,9264	0,6239	0,9506	0,9587	72	0,9499	0,9738	71,9922
12	0,9189	0,5957	0,9500	0,9240	90	0,9489	0,9508	90,2690
13	0,9111	0,5692	0,9502	0,9008	110	0,9490	0,8981	109,9860
14	0,9031	0,5440	0,9503	0,8549	130	0,9504	0,8279	128,4709
15	0,8949	0,5212	0,9504	0,7764	150	0,9500	0,7761	149,9862

Fonte: Própria autoria.

Tabela 2: Resultados obtidos para situações diferentes

	Entradas	(x_i)	Valores Reais			Valores estimados pela RNA		
λ	V[pu]	THD(%)	V[pu]	THD(%)	$Qcap$	V[pu]	THD(%)	$Qcap$
1,5	0,9931	0,9553	0,9895	0,9598	6,0248	0,9931	0,9562	6,0248
5,5	0,9684	0,8059	0,9627	0,7968	5,5210	0,9684	0,8064	5,5210
7,5	0,9551	0,7337	0,9558	0,7905	10,8068	0,9551	0,7340	10,8068
12,5	0,9191	0,5825	0,9500	0,9132	99,9686	0,9543	0,9140	99,9686
14,5	0,9032	0,5323	0,9509	0,8220	140,5238	0,9549	0,8196	140,5238

Fonte: Própria autoria.

Conclusões e impactos da pesquisa

A metodologia desenvolvida foi capaz de estimar potência reativa do banco de capacitores para que a tensão respeite os limites operacionais. Além disso, destaca-se as seguintes conclusões:

- O cálculo do fluxo de potência harmônico em um sistema industrial equilibrado pelo método da compensação da corrente é suficiente para determinar as distorções harmônicas em todas as barras do sistema, fato que foi comprovado pela comparação com os resultados do HarmZs;
- O aumento do carregamento do sistema resulta na diminuição dos níveis de tensão nos barramentos;
- A inserção de potência reativa no sistema pode ser suficiente para melhorar o perfil de tensão nas barras, porém, pode também provocar o aumento do nível de THD no sistema, por causa do efeito da ressonância, portanto é necessário atentar-se aos impactos causados pelo banco de capacitores na distorção harmônica;
- A metodologia proposta se mostrou eficaz para estimar o valor do banco de capacitores bem como os valores finais de THD e tensão no sistema industrial.

Destaca-se que, a partir do desenvolvimento desta pesquisa, outros desdobramentos foram possíveis com a entrada do segundo autor no mestrado do PPEE (Programa de Pòs Graduação em Engenharia Elétrica) da UFJF.

A partir do conhecimento adquirido durante este projeto, foi possível modelar outras redes elétricas de potência para realizar analise harmônica em sistemas de maior porte e determinar a contribuição de cada fonte harmônica para o sistema (Da Silva e de Melo, 2023). Neste sentido, além de se identificar o local das fontes harmônicas existentes, pode-se avaliar a responsabilidade de cada consumidor para a distorção harmônica total de um sistema elétrico de potência, conforme artigo premiado como melhor artigo da categoria modelagens matemáticas e simulações computacionais do CBQEE 2023 (2023 XV Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à UFJF pelo apoio financeiro das bolsas destinadas à iniciação científica e agências de fomento de pesquisa CAPES, CNPQ, FAPEMIG, ao PPEE e ao INERGE.

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

Referências

Abu-Hashim, R. *et al*. Test systems for harmonics modeling and simulation. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 14, n. 2, p. 579-587, 1999.

Altgott, Alexandre S.; Melo, Igor D. Power system contingency assessment considering harmonic distortions: a sensitivity analysis based on the compensation theorem. **Electrical Engineering**, p. 1-12, 2024.

Hu, Zhe *et al*. Harmonic sources modeling and characterization in modern power systems: A comprehensive overview. **Electric Power Systems Research**, v. 218, p. 109234, 2023.

IEEE/PES. Tutorial on harmonics modeling and simulation. In: **Task Force on Harmonics Modeling and Simulation,** Harmonics Working Group. 2003

Kagan Nelson; Robba, Ernesto João; Schmidt, Hernán Prieto. **Estimação de indicadores de qualidade da energia elétrica**. Editora Blucher, 2009.

Melo, Igor D. *et al*. Allocation and sizing of single tuned passive filters in three-phase distribution systems for power quality improvement. **Electric power systems research**, v. 180, p. 106128, 2020.

Saha, Sayan *et al*. Identification of nonlinear systems from the knowledge around different operating conditions: A feed-forward multi-layer ANN based approach. In: **2012 2nd IEEE International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing**. IEEE, 2012. p. 413-418.

Silva, Robert W. *et al.* Dimensionamento de filtros passivos sintonizados em sistemas elétricos: uma abordagem considerando modelos de cargas lineares na análise harmônica. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. 2020.

Silva, Robert William; de Melo, Igor Delgado. Análise do Compartilhamento da Responsabilidade pelas Distorções Harmônicas: uma abordagem usando Programação Quadrática Sequencial. In: **2023 XV Brazilian Conference on Quality of Power (CBQEE)**. IEEE, 2023. p. 1-7.

Sousa, Letícia L. S.; Melo, Igor D. Generalized Harmonic State Estimation: An Approach Considering Measurement and Parameter Errors. **Journal of Control, Automation and Electrical Systems**, p. 1-11, 2024.

Souza, Matheus Alberto *et al*. Detection and identification of energy theft in advanced metering infrastructures. **Electric Power Systems Research**, v. 182, p. 106-258, 2020.

Capítulo 10

Degradação fotocatalítica isolada e simultânea dos fármacos cafeína e ácido acetilsalicílico: efeito de matriz e da adição de aceptores de elétrons nos processos de degradação avaliados

Rafael de Oliveira[27]
Pamela dos Santos Benvindo[28]
Júlio César José da Silva[29]
Lilian Lúcia Rocha e Silva[30]

Introdução

Os contaminantes emergentes (CEs) são compostos químicos naturais ou sintéticos e substâncias comumente presentes em corpos hídricos com alto potencial de causar danos ao meio ambiente, à vida aquática e aos seres humanos (Dey, 2019). Devido à sua natureza "emergente", os CEs são geralmente difíceis de rastrear, e, portanto, não são incluídos em nenhum programa global de monitoramento de rotina (Geissen, 2015). Como tal, estes contaminantes representam uma grande preocupação devido à sua falta de regulamentação. As principais ameaças associadas aos CEs são atribuídas ao fato de que seus afeitos tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano ainda não foram estudados intensivamente (Sharma, 2019). Além disso, os CEs muitas vezes, podem sofrer degradação no meio ambiente produzindo subprodutos com propriedades físicas e químicas indeterminadas (Rosenfeld, 2011). Em humanos, muitos tipos de doenças podem resultar da exposição a CEs, com alguns agindo como desreguladores endócrinos devido à sua semelhança estrutural com hormônios naturais e outros que induzem efeitos mutagênicos e carcinogênicos, incluindo câncer de mama e de próstata (Ouda, 2021)

[27] Mestre em Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, rafael5@ice.ufjf.br, ORCID 0000-0002-7288-9908
[28] Graduanda em Química, Universidade Federal de Juiz de Fora, pamela.benvindo@estudante.ufjf.br, ORCID 0009-0008-4730-3048
[29] Doutor em Ciências, Universidade Federal de Juiz de Fora, julio.silva@ufjf.br, ORCID 0000-0002-8708-1557
[30] Doutora em Ciências, Universidade Federal de Juiz de Fora, lilian.silva@ufjf.br, ORCID 0000-0003-3331-2118

Embora as tecnologias de tratamento convencionais produzam água que atenda à legislação vigente, foi demonstrado que a remoção de uma variedade de micropoluentes é inadequada (European Commission, 1991). Diversas investigações têm demonstrado a existência de poluentes recalcitrantes em rios, lagos, mares, águas subterrâneas e água potável em concentrações que variam de ng L^{-1} à mg L^{-1} (Jiang, 2013). Tais contaminantes são compostos biologicamente ativos, não facilmente biodegradáveis, normalmente solúveis em água e, portanto, podem ser encontrados em efluentes aquosos residuais e em águas naturais. (Arfanis, 2017).

A cafeína (CAF) é uma substância psicoativa frequentemente detectada em estações de tratamento de águas residuais municipais e sua eliminação completa pelo tratamento convencional da água é difícil (Raj, 2021). CAF está presente em uma grande variedade de bebidas e de produtos alimentícios (Oliveira, 2015; Muangmora, 2020) e é marcador químico antropogênico eficaz

tanto para monitorar contaminantes fecais humanos em fontes de água, quanto para identificar a contaminação de águas subterrâneas por águas residuais domésticas em diferentes países (Lim, 2017; Linden, 2015).

O ácido acetilsalicílico (AAS), também conhecido como aspirina, é um dos mais importantes anti-inflamatórios não esteróides. Nos últimos anos o AAS tem sido detectado em ambientes aquáticos em concentrações na escala de ng L^{-1} à mg L^{-1} (Liu, 2013). Os processos tradicionais para o tratamento de águas também não são projetados para controlar as quantidades de AAS em águas residuais (Zhe, 2021). A aspirina degrada-se em meio aquoso em vários intermediários tóxicos causando poluição ambiental e afetando a saúde humana (Mukherjee, 2016).

As estações de tratamento de águas residuais estão equipadas com métodos convencionais de tratamento para a remoção de substâncias orgânicas simples (Majumder, 2019). No entanto, estes métodos não degradam completamente resíduos de fármacos além de diversos outros CEs, apenas os sequestram ou os transferem de fase, isto é, sem a sua devida mineralização (de Oliveira, 2022). Portanto, muitos pesquisadores tem buscado métodos não convencionais para retirada de fármacos de águas residuais. Nesse sentido, os chamados Processos de Oxidação Avançados (POAs) vem se tornando uma alternativa atraente possibilitando sua aplicação à temperatura e pressão ambientes, com baixo consumo de reagentes e por serem ambientalmente amigáveis (Gautam, 2019; Velempini, 2021; Gonzaga, 2023).

Dentre esses POAs, é possível citar, por exemplo, a ozonização, o processo foto-Fenton, a cloração, a fotólise com luz ultravioleta (UV) e a fotocatálise heterogênea com semicondutores. Porém, os POAS relatados anteriormente não promovem uma remoção eficiente de CAF (Muangmora,, 2020; Rani, 2022). Em contrapartida, a fotocatálise heterogênea utilizando semicondutores é um método adequado para remover contaminantes orgânicos dissolvidos em meio aquoso utilizando uma fonte de luz com energia de fótons adequada que interage com estes semicondutores promovendo a degradação e mineralização destes contaminantes em água sob condições de temperatura e pressão ambiente.

A fotocatálise heterogênea é um POA aplicado para degradar poluentes orgânicos persistentes com adequada efetividade. Nesse processo, quando um semicondutor absorve a energia de um fóton (*hv*) maior ou igual ao *gap* de energia da banda do semicondutor (Eg), um elétron (e^-) pode ser promovido da banda de valência (BV) para a banda de condução (BC), criando assim uma vacância de elétrons, ou seja, gerando um "buraco" (h^+) na banda de valência. O elétron e o buraco podem migrar para a superfície do semicondutor onde participam de reações redox com as espécies adsorvidas na superfície do mesmo. Os buracos podem oxidar, tanto a H_2O quanto a OH^- para gerar radicais hidroxila ($HO^\bullet$), enquanto os elétrons, ao reagirem com o oxigênio, podem reduzir o oxigênio molecular O_2 para $O_2^{\bullet-}$ (radicais superóxido).

Os radicais $HO^\bullet$ gerados não são seletivos a alvos moleculares específicos e apresentam alta velocidade de reação destruindo os CEs pela quebra de suas moléculas e transformando-os, assim, em produtos finais relativamente menos tóxicos, CO_2, H_2O e sais inorgânicos (de Oliveira, 2022; Rani, 2022). Os semicondutores mais utilizados na fotocatálise são o TiO_2 e o ZnO devido à sua alta estabilidade, não toxicidade, resistência à corrosão, insolubilidade em água e custo-benefício. Esses óxidos funcionam com mecanismo semelhante nos processos de degradação de CEs (Ghosh, 2019). ZnO é geralmente instável em soluções aquosas iluminadas por radiação ultravioleta (UV), especialmente em meios fortemente ácidos devido ao processo de fotocorrosão, diminuindo sua atividade fotocatalítica em solução aquosa (Abebe, 2020). Existem estudos para a degradação de CAF e AAS utilizando TiO_2 ou ZnO associados e luz UV empregando-se diferentes procedimentos e fotorreatores com diferentes configurações (Muangmora, 2020; Muangmora, 2023; Karimi, 2019; Mukherjee, 2016).

Dessa forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de determinar a atividade fotocatalítica de TiO_2 frente ao ZnO na degradação dos fármacos CAF e AAS em meio aquoso, associados à luz UV, utilizando-se fotocatálise heterogênea sob condições otimizadas

de reação. A degradação de CAF e AAS foi monitorada por espectrofotometria de absorção molecular na região do ultravioleta-visível (UV-Vis). O efeito da alteração de pH do meio reacional e da concentração de TiO_2 e de ZnO em água deionizada sobre os processos de degradação foram avaliados, otimizando-se então a degradação isolada de cada fármaco.

Foi realizada também a degradação conjunta de CAF e AAS, com base nas condições ideais de degradação individual desses compostos e selecionou-se apenas um dos valores de pH e de concentração dos fotocatalisadores empregados nos processos de degradação individual dos fármacos para os experimentos de degradação conjunta dos mesmos visando-se uma remoção eficiente dos CEs estudados. Também foi investigado o efeito da adição do oxidante auxiliar persulfato de potássio (PS), em diferentes concentrações em meio aquoso, nas condições otimizadas de reação para a degradação conjunta de CAF e AAS utilizando-se os sistemas TiO_2/UV e ZnO/UV, previamente otimizados sem a adição deste composto.

Os processos de degradação de CAF e AAS foram avaliados em meio de água mineral de composição conhecida, para avaliação do efeito da matriz aquosa utilizada nos processos de degradação estudados. Finalmente, foi avaliada a concentração de zinco livre (Zn^{2+}) presente em meio aquoso, após 120 minutos de reação, utilizando-se espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS). Esse estudo foi realizado para avaliar se nos processos de degradação estudados ocorreu a decomposição de ZnO ao final da reação, prejudicando-se assim a degradação de CAF e AAS quando o sistema ZnO/UV foi utilizado. Assim, a potencialidade de utilização do ZnO foi avaliada frente aos processos de degradação onde TiO_2 é utilizado para a degradação de CAF e AAS nas condições experimentais adotadas neste trabalho, utilizando-se um reator com configuração simples contendo uma fonte de luz UVC (254,0 nm) em seu interior.

Reagentes empregados

Os reagentes utilizados neste trabalho foram cafeína (Vetec, 99,0%), ácido acetilsalicílico (99,0 %, Sigma-Aldrich), óxido de zinco (99,0 %, Sigma-Aldrich), dióxido de titânio 100% anatase (99,8%, Sigma-Aldrich), ácido sulfúrico (98,0%, Impex), hidróxido de sódio (99,0%, Impex), persulfato de potássio (99,0 %, Sigma-Aldrich). Todos os reagentes foram utilizados sem etapa de purificação prévia.

Métodos instrumentais empregados

O acompanhamento dos processos de degradação de CAF e AAS foi realizado utilizando-se um espectrofotômetro de duplo feixe Shimadzu modelo UV-1800, em cubetas

de quartzo de 1,0 cm de caminho óptico, no intervalo de comprimento de onda de 190 a 400 nm, a fim de se determinar as condições experimentais que levariam a uma maior degradação dos CEs estudados em água deionizada e em água mineral. Foi monitorada a absorbância máxima das bandas características de cada composto, em 235 e 272 nm, para AAS e CAF, respectivamente.

Para a verificação da estabilidade do ZnO após irradiação das soluções por luz UV e para verificar a concentração de zinco (Zn^{2+}) no efluente resultante de processos de dissolução ou fotocorrosão, foi feita a determinação de zinco nas soluções de estudo empregando um espectrômetro de absorção atômica com chama (FAAS), modelo SOLAAR M5 (Thermo Scientific), equipado com uma lâmpada de deutério para correção contínua de fundo. As leituras de zinco no FAAS foram feitas no comprimento de onda de 213,9 nm, com uma faixa de trabalho de 0,1 á 1,0 mg L^{-1} usando uma chama de gás ar/C_2H_2 (fluxo de gás combustível de 1,1 L min^{-1}).

Configuração Experimental

Todos os experimentos foram realizados em béqueres abertos. Cem mililitros de solução contendo apenas CAF ou AAS na concentração de 2,0 mg L^{-1} (2000 mg L^{-1}) ou uma solução contendo uma mistura desses contaminantes orgânicos em uma concentração de 2,0 mg L^{-1} de cada um deles em água deionizada ou em água mineral foram agitados para manter a homogeneidade do sistema utilizando-se um agitador magnético.

Processos de degradação

Soluções contendo CAF ou AAS na concentração de 100,0 mg L^{-1}, preparadas em água deionizada, foram diluídas em água deionizada ou em água mineral de forma a se obter soluções com uma concentração de 2,0 mg L^{-1} em meio aquoso. Foram avaliados os processos de degradação em quatro valores de pH (3,0; 5,0; 8,0 e 10,0) e em três concentrações dos fotocatalisadores TiO_2 e ZnO (0,5; 1,0 e 2,0 g L^{-1}) no meio reacional. Para o ajuste do pH das soluções a serem submetidas aos processos de degradação foram utilizadas soluções de H_2SO_4 e NaOH, ambas a 0,1 mol L^{-1}, quando necessário.

Definidas as melhores condições reacionais na degradação individual dos contaminantes orgânicos utilizando-se os fotocatalisadores propostos, novos experimentos foram realizados para a avaliação da degradação conjunta destes fármacos, uma vez que os diferentes CEs geralmente não são encontrados isoladamente em matrizes ambientais. Assim, foi empregado apenas um dos valores de pH e de concentração dos fotocatalisadores

empregados nos processos de degradação individual que levaram a uma remoção mais eficiente dos CEs estudados. Adicionalmente, persulfato de potássio (PS) foi adicionado aos sistemas propostos (TiO_2/UV e ZnO/UV), na melhor condição reacional para a degradação conjunta de CAF e AAS, de modo a gerar em solução aquosa as razões molares Fármaco:PS 1:1 e 1:10, visando-se averiguar a influência da adição de um oxidante auxiliar aos processos de degradação realizados.

Nas condições otimizadas de reação a degradação conjunta de CAF e AAS foi realizada em meio de água mineral, de composição iônica conhecida, para se avaliar o efeito da matriz aquosa utilizada nos processos de degradação estudados (Tabela 1). Durante os experimentos de degradação foi utilizado um reator fotoquímico, construído em uma caixa de madeira de dimensões (60 × 60 × 60) cm^3, revestida internamente por papel alumínio. Durante os experimentos, certa massa de fotocatalisador foi suspensa em 100,0 mL de solução contendo CAF e/ou AAS em uma concentração de 2,0 mg L^{-1} preparadas em água deionizada ou mineral e a mistura foi irradiada por uma lâmpada UVC monocromática (254,0 nm; 15 W) sob agitação magnética constante.

Em intervalos de tempo estabelecidos, alíquotas da reação foram retiradas e submetidas à centrifugação (4000 rpm) por 10 minutos (centrífuga modelo NT 812, Nova técnica) para retirada dos fotocatalisadores empregados antes da avaliação das mesmas. Após processo de centrifugação, o sobrenadante foi retirado e submetido à análise em espectrofotômetro de absorção molecular na região do ultravioleta-visível (UV-Vis). Todos os experimentos foram conduzidos em temperatura ambiente. Os experimentos de degradação de CAF e/ou AAS foram realizados em água deionizada. As soluções utilizadas foram preparadas com água deionizada a 18,2 MΩ (Elga Veolia Purelab Option-Q, Reino Unido).

Tabela 1 – Composição mineral da amostra de água mineral empregada nos processos de degradação realizados em mg L^{-1}.

Concentração dos íons (mg L^{-1})			
HCO_3^-	21,62	NO_3^-	1,44
SO_4^{2-}	4,35	K^+	1,22
Ca^{2+}	3,43	F^-	0,06
Na^+	3,34	Ba^{2+}	0,03
Mg^{2+}	2,10	Sr^{2+}	0,02

Resultados e discussões

Estudo do pH nos processos de degradação realizados

Para atingir a melhor atividade fotocatalítica na degradação de um contaminante, parâmetros importantes da reação devem ser controlados. Um desses parâmetros é o pH da reação já que esse é o parâmetro que mais influencia a degradação de um contaminante orgânico em solução aquosa, pois pode influenciar a geração de espécies reativas na superfície do fotocatalisador e também influenciar a atração-repulsão do analito na superfície do mesmo, o primeiro e principal estágio dos processos de degradação fotocatalítica (Akerdi, 2019; Rajamanickam, 2016).

Desta forma, para a determinação do pH que proporcionaria uma maior degradação de cada fármaco isoladamente, soluções contendo CAF ou AAS (2,0 mg L^{-1}) e uma concentração dos fotocatalisadores em solução aquosa de 1,0 g L^{-1} foram submetidas aos sistemas TiO_2/UV e ZnO/UV nos pH's 3,0; 5,0; 8,0 e 10,0 durante um período de 120 minutos de reação.

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é uma base fraca, solúvel em água e tem pKa de 10,4 e está totalmente protonada em pH < 10,4. Como a estrutura de CAF está completamente protonada nos valores de pH estudados, o comportamento observado durante os experimentos realizados deve ser devido à modificação das propriedades do fotocatalisador (Elhalil, 2018).

O ponto de carga zero (p_{cz}) do fotocatalisador (pH no qual essa superfície tem uma carga neutra líquida) pode ser usado para se avaliar o pH ideal para realizar a reação de degradação de um contaminante empregando-se fotocatálise heterogênea (Jaafara, 2016). O ponto de carga zero (p_{cz}) para TiO_2 foi relatado como 6,8, portanto, em pH < 6,8, a superfície do catalisador é positiva, favorecendo a adsorção de ânions, enquanto a adsorção de cátions é favorecida em pH > 6,8 (Reis, 2022).

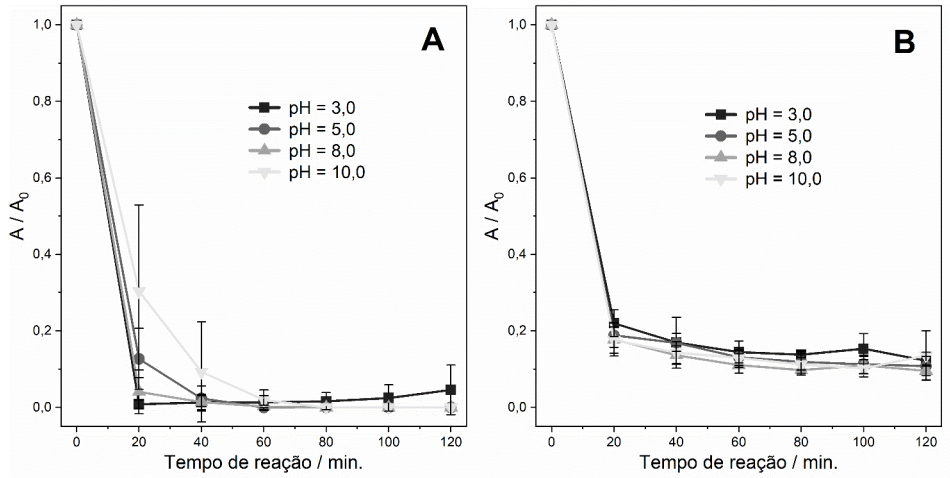
A Figura 1A apresenta o perfil de queda de absorbância em função do tempo para a degradação de CAF utilizando-se o sistema TiO_2/UV. Neste caso, podemos verificar que houve ao final de 120 minutos de reação a remoção de CAF de 95,4; 100; 100 e 100 % para os valores de pH 3,0; 5,0; 8,0 e 10,0, respectivamente, após o tempo de reação proposto. Foi observado ainda um pequeno aumento na absorbância da banda característica de CAF ao final do experimento realizado em pH 3,0, possivelmente decorrente da formação de algum subproduto de degradação com absorção em mesmo comprimento de onda que CAF. Utilizando-se o sistema TiO_2/UV foi possível notar, após 20 minutos de reação, que houve uma diminuição significativa na absorbância da banda característica da CAF nos pHs 3,0, 8,0, 5,0 e 10,0, respectivamente, ocorrendo uma diminuição mais acentuada da banda de absorção da CAF em pH 3,0.

Segundo a literatura (Kumar, 2017) o TiO_2 tem maior atividade oxidante em pH mais baixo o que explica o decaimento um pouco menos acentuado da banda de absorção característica da CAF em pH 5,0. Adicionalmente, foi possível observar após 20 min de reação um decaimento um pouco mais acentuado da banda de absorção característica da CAF em pH 8,0 em relação a esse decaimento ocorrido em pH 10,0. O comportamento observado em meio básico pode ser devido à maior adsorção de CAF (carregada positivamente) no fotocatalisador, carregado negativamente, favorecida em pH entre 6,8 e 10,4 e formação mais eficiente de radicais hidroxila.

Considerando o sistema estudado, a degradação da CAF seria mais favorável no meio básico devido à geração mais eficiente de radicais hidroxila pelo TiO_2 com o aumento da concentração de OH^-. No entanto, acima de certa concentração de OH^- presente na solução, forças elétricas desfavoráveis são geradas, ou seja, ocorre repulsão entre a superfície carregada negativamente do fotocatalisador e OH^-.

Consequentemente, a eficiência da degradação diminui em pH mais alto. Outra razão para esse comportamento pode ser atribuída ao fato de que quando a concentração de OH^- é maior na solução, ela impede a penetração da luz UV de atingir a superfície do catalisador (Qamar, 2006, Holmberg, 2013). Desta forma, uma menor diminuição inicial da absorbância da banda característica de CAF pode ter ocorrido até 40 minutos de reação em pH 10 em relação a diminuição observada de absorbância nos experimentos realizados em pH 8,0 devido a maior concentração de íons OH^- em solução. Contudo, é possível observar que a degradação de CAF foi eficiente em todos os valores de pH avaliados ao final de 120 minutos de reação.

Figura 1: Efeito do pH sobre a degradação fotocatalítica de CAF em água deionizada utilizando-se o sistema (A) TiO_2/UV e (B) ZnO/UV. $[CAF]_0 = 2{,}0$ mg L^{-1}; pH=3.0; 5,0; 8,0 e 10,0; $[Fotoatalisador]_0 = 1{,}0$ g L^{-1}.



A Figura 1B mostra a degradação de CAF empregando-se sistema ZnO/UV. De acordo com o perfil das curvas, é possível notar que as reações de degradação empregando-se ZnO não possibilitaram a degradação completa de CAF nos valores de pH estudados. Assim, podemos observar ao final de 120 minutos de reação uma remoção de CAF de 87,8; 89,2; 90,5; e 86,4 %, para os valores de pH 3,0; 5,0; 8,0; e 10,0, respectivamente.

Assim, a degradação observada de CAF foi similar nos quatro valores de pH estudados. A reação de degradação realizada em pH 8,0 revelou uma remoção de CAF ligeiramente maior que a degradação observada nos demais valores de pH avaliados. Assim, foi constatada uma maior eficiência do TiO_2 em relação ao ZnO na remoção de CAF nas condições experimentais adotadas.

Avaliando-se os resultados obtidos e visando um único valor de pH para uma remoção eficiente de CAF quando os dois fotocatalisadores forem utilizados, nos estudos subsequentes foi adotado o pH 5,0 para os processos de degradação estudados, o pH natural da solução de CAF, uma vez que nesse pH os dois sistemas de degradação foram eficientes ocorrendo a degradação de 100% de CAF quando TiO_2 foi utilizado e uma degradação de 89,2 % de CAF quando ZnO foi utilizado, ao final de 120 minutos de reação, permitindo-se avaliar como serão os processos de degradação propostos em um mesmo valor de pH empregando os dois fotocatalisadores empregados.

A realização dos processos de degradação nesse pH implica que nenhum ácido ou base necessita ser adicionado ao meio reacional e que o valor de pH selecionado favorece tanto a atividade oxidante de TiO_2 em meio ácido bem como proporciona uma degradação de CAF muito próxima da observada em pH 8,0 quando ZnO é utilizado.

A Figura 2A apresenta a degradação de AAS quando o sistema TiO_2/UV foi empregado. Neste caso, podemos verificar que houve ao final de 120 minutos de reação uma degradação de AAS de 93,0 % em pH 3,0 e uma degradação de AAS de 100 % quando os pH´s 5,0; 8,0 e 10,0 foram empregados durante a reação, nos revelando um comportamento similar ao observado anteriormente para a degradação de CAF quando o sistema TiO_2/UV foi empregado. AAS é uma molécula que está na forma aniônica quando pH > pKa (pKa = 3,49) (Karimi, 2019).

Desta forma, quando os experimentos foram realizados em pH 3,0, AAS estava em sua forma neutra, ou seja, não estava em sua forma aniônica, e quando os experimentos foram realizados em pH = 5,0 este composto estava carregado negativamente. Em pH < 6,8, a superfície do fotocatalisador é positiva, favorecendo a adsorção de ânions. Os dados experimentais revelam que a interação entre AAS e o fotocatalisador parece favorável mesmo

o AAS estando em sua forma neutra e, assim, um decaimento mais acentuado da absorbância de AAS foi observada até 40 minutos de reação em pH 3,0 e um decaimento ligeiramente menor foi observado em pH 5,0 devido a maior atividade oxidante de TiO_2 em pH mais baixo, embora AAS não tenha sido totalmente consumido em pH 3,0 (Kumar, 2017).

Foi observada após 60 minutos de reação, a completa degradação do AAS em pH 5,0. Como observado na Figura 2A, a degradação de AAS em pH 3,0 também mostrou um pequeno aumento de absorbância da banda característica de AAS após 60 minutos de reação. Esse comportamento ocorreu, possivelmente devido a formação de algum subproduto de degradação com absorção em mesmo comprimento de onda que AAS como observado anteriormente na degradação de CAF (Figura 1A).

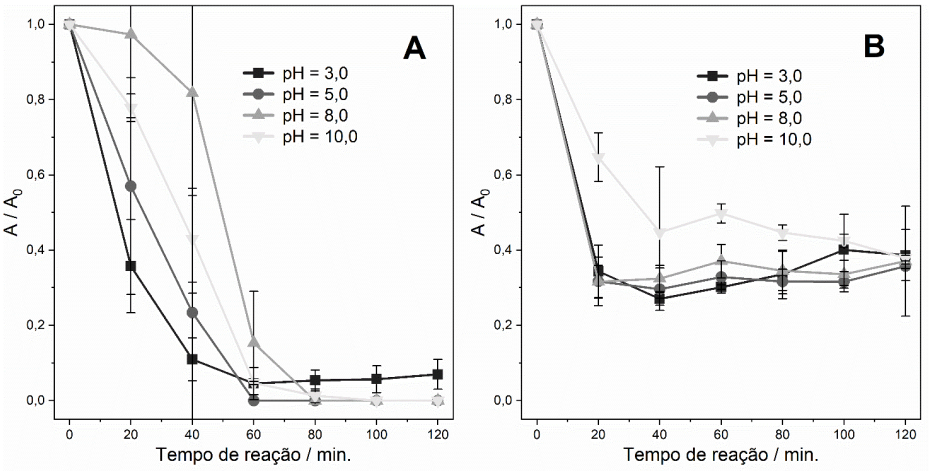
Nos experimentos realizados nos pHs 8,0 e 10,0, o TiO_2 possui carga negativa em sua superfície e AAS também possui carga negativa, porém os dados experimentais nos revelaram que AAS foi completamente degradado em pH 8,0 após 80 minutos de reação e em pH 10,0 após 100 minutos de reação. Este fato demonstra que nos pHs 8,0 e 10,0 pode estar ocorrendo uma interação efetiva entre AAS e o fotocatalisador favorecendo sua degradação, e adicionalmente a presença de íons OH^- em meio básico pode gerar radicais hidroxila em solução degradando o contaminante orgânico (Holmberg, 2013). Porém, o crescente aumento da concentração de íons OH^- em meio básico também pode levar a repulsão entre a superfície carregada negativamente do fotocatalisador e os íons OH^- diminuindo a eficiência da degradação em pH mais alto. Convém notar que quando a concentração de OH^- é maior em solução, impedindo a penetração da luz UV de atingir a superfície do catalisador como relatado anteriormente, isso pode acarretar em um maior tempo de reação para degradação completa de AAS em pH 10 (Qamar, 2006).

A Figura 2B apresenta a remoção de AAS do meio aquoso quando o sistema ZnO/UV foi empregado. Similar ao que foi observado anteriormente para a remoção de CAF utilizando-se esse mesmo sistema de degradação, foi possível observar que houve uma degradação incompleta de AAS quando as reações de degradação foram realizadas nos valores de pH estudados.

Uma maior degradação de AAS nesse caso foi obtida em pH 5,0, de 64,3 %, enquanto as demais condições reacionais proporcionaram uma degradação de 61,3; 62,9; e 62,1 % nos pH 3,0; 8,0; e 10,0, respectivamente, após 120 minutos de irradiação UV. Com isso, e considerando os resultados de degradação de AAS observados quando os sistemas TiO_2/UV e ZnO/UV foram empregados, o pH = 5,0 foi escolhido como o mais adequado para os estudos seguintes de degradação de AAS em meio aquoso, uma vez que nesse valor de pH se

observou uma degradação 100% de CAF quando TiO_2 foi utilizado e uma degradação de 64,3 % de CAF quando ZnO foi utilizado, ao final de 120 minutos de reação.

Figura 2 – Efeito do pH sobre a degradação fotocatalítica de AAS em água deionizada utilizando-se o sistema (A) TiO_2/UV e (B) ZnO/UV. $[CAF]_0 = 2{,}0$ mg L^{-1}; pH=3.0; 5,0; 8,0 e 10,0; $[Fotocatalisador]_0 = 1{,}0$ g L^{-1}.



Nos experimentos realizados foi possível observar um pH do meio reacional, que além de favorecer uma degradação mais eficiente possível dos CEs avaliados, permitirá a realização dos experimentos de degradação conjunta deles nas próximas etapas desse trabalho. Desta forma, o pH 5 foi o escolhido para a degradação conjunta de uma solução contendo CAF e AAS em uma solução contendo ambos os CEs estudados.

Estudo da Concentração dos Catalisadores

Outro parâmetro importante a ser avaliado na degradação de CEs é a quantidade de fotocatalisador empregada nos processos de degradação. A otimização desse parâmetro evita o uso excessivo do fotocatalizador sem comprometer a remoção eficiente de CAF e AAS. O aumento da concentração do fotocatalisador leva ao aumento do número de sítios ativos na superfície do mesmo, resultando no aumento do número de radicais hidroxila formados, o que, consequentemente, pode causar maior degradação do poluente avaliado. Porém, além de uma determinada concentração limite de fotocatalisador, pode ocorrer maior turbidez no meio reacional, bloqueando a radiação UV ou causando maior dispersão da luz, prejudicando os processos de degradação estudados (Rauf, 2009).

A Tabela 2 mostra os dados de degradação de soluções contendo 2,0 mg L^{-1} de CAF ou AAS, ambas em pH = 5,0, utilizando-se diferentes concentrações de TiO_2 ou ZnO. Na avaliação deste novo parâmetro foi observado comportamento similar ao verificado na avaliação do pH do meio reacional, ou seja, uma maior eficiência fotocatalítica de TiO_2 na

maioria dos experimentos realizados frente ao ZnO na remoção de CAF e de AAS em meio aquoso. Para a degradação de CAF as melhores concentrações de TiO_2 foram 1,0 e 2,0 g L^{-1}, com remoção de 100% desse CE, enquanto para AAS todas as concentrações utilizadas desse fotocatalisador promoveram uma remoção de 100% de AAS. Com isso, a fim de se realizar, posteriormente, a degradação conjunta de CAF e AAS, 1,0 g L^{-1} de TiO_2 foi escolhida como condição ideal de reação.

Tabela 2 – Degradação fotocatalítica de CAF e AAS em suspensão aquosa sob diferentes concentrações de TiO_2 e ZnO.

Concentração de TiO_2 (g L^{-1})	**Degradação de Cafeína (%)**	**Degradação de AAS (%)**
0,5	95,5	100,0
1,0	100,0	100,0
2,0	100,0	100,0
Concentração de ZnO (g L^{-1})	**Degradação de Cafeína (%)**	**Degradação de AAS (%)**
0,5	96,5	76,3
1,0	89,2	64,3
2,0	95,3	80,3

Já para o sistema ZnO/UV, observou-se uma maior degradação de CAF na concentração de 0,5 g L^{-1} e uma maior degradação de AAS na concentração de 2,0 g L^{-1}.

Tendo em vista que uso excessivo de fotocatalisador não é vantajoso e levando-se em consideração que a degradação de AAS empregando-se uma concentração de 0,5 g L^{-1} do catalisador ZnO foi de 76,3%, muito próxima à melhor condição empregando-se uma concentração de 2,0 g L^{-1}, onde se observou uma degradação de AAS de 80,3%, uma concentração de ZnO de 0,5 g L^{-1} foi adotada nos experimentos de degradação simultânea de CAF e AAS. Esses experimentos revelam que a degradação de AAS foi menos favorecida quando o sistema ZnO/UV foi empregado em relação ao sistema TiO_2/UV que permitiu a remoção de 100% de AAS nas três concentrações de fotocatalisador empregadas. Já a degradação de CAF foi eficiente utilizando-se ambos os sistemas de degradação propostos, mostrando pequena superioridade quando TiO_2 foi empregado.

Fotocorrosão da superfície de ZnO

Em meio fortemente ácido ou fortemente básico, a eficiência de decomposição de CEs pode ser reduzida, especialmente em ambientes ácidos, o que pode ser explicado como segue:

(i) ZnO é um óxido anfotérico. Ele pode se dissolver parcialmente em condições altamente ácidas (pH = 4,0) e alcalinas (pH = 12,0), o que leva à diminuição da eficiência de degradação (Yang,

2016; Jagannatha, 2017; Miao, 2014; Velmurugan *et al*., 2011). A dissolução de ZnO em ambos os meios pode ser expressa de acordo com as equações 1 e 2 abaixo:

$$ZnO_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \quad (1)$$

$$ZnO_{(s)} + 2OH^{-}_{(aq)} \rightarrow ZnO_2^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \quad (2)$$

(ii) o ponto de carga zero (p_{cz}) para ZnO é 8,6 (Zhang, 2016; Reis, 2022). Em pH < 8,6, a superfície de ZnO é carregada positivamente. Em pH > 8,6, a superfície de ZnO é carregada negativamente.

A presença de grandes quantidades de íons OH^- nas superfícies das partículas, bem como no meio de reação favorece a formação de radicais $OH^{\bullet}$, então a eficiência de degradação aumenta. No entanto, com aumento adicional no pH, o ZnO se dissolve de acordo com a reação (2), resultando na redução da eficiência de degradação (Yang, 2016; Jagannatha, 2017; Wang, 2007; Mai, 2018)

Como o ZnO é suscetível à dissolução, é importante determinar a quantidade de zinco presente na solução após os processos de degradação de estudados. Os dados obtidos por espectrometria de absorção atômica revelaram, após 120 min de reação, uma pequena perda de ZnO após sua exposição à radiação ultravioleta durante os processos de degradação utilizando o sistema ZnO/UV.

Nesses experimentos foram observadas que as dissoluções de ZnO durante a degradação de CAF foram de 0,45%; 0,62% 0,53%, e para AAS de 0,29%; 0,57%; 0,65%, quando utilizada concentração de ZnO de 0,5; 1,0; e 2,0 g L^{-1}, respectivamente. Desta forma, foi observada uma pequena dissolução de ZnO nos experimentos de degradação realizados.

Estudo da Degradação Simultânea de CAF e AAS

Após a realização dos estudos do efeito de pH e da concentração dos fotocatalisadores nos processos de degradação dos fármacos de forma isolada, para os dois sistemas TiO_2/UV e ZnO/UV, realizou-se experimentos de degradação de uma solução contendo 2,0 mgL^{-1} tanto de CAF como de AAS utilizando-se condições otimizadas anteriormente: pH 5,0; 0,5 g L^{-1} e 1,0 g L^{-1} para as concentrações de ZnO e TiO_2, respectivamente.

Para a realização da degradação simultânea dos fármacos estudados em uma mesma solução, o monitoramento das bandas características destes compostos foi realizado nos comprimentos de onda 235 e 272 nm, referentes aos máximos de absorção das bandas características de AAS e CAF, respectivamente. A Tabela 3 nos mostra os resultados da degradação simultânea dos fármacos para ambos os sistemas de degradação propostos nas condições otimizadas de reação.

No novo sistema formado, agora com a mistura dos analitos, empregando-se o sistema TiO_2/UV observou-se que a remoção de CAF manteve-se em 100% e que a remoção de AAS, que antes era de 100% (Tabela 2), foi de 66,38% (Tabela 3), mostrando que nos experimentos de degradação conjunta a degradação de AAS é prejudicada na presença de CAF.

Tal resultado poderia ser explicado, por exemplo, pela competição dos dois fármacos pelos sítios reativos na superfície dos catalisadores, ou ainda a maior susceptibilidade de CAF ao ataque de espécies oxidantes radicalares quando comparado à AAS. Quando o sistema ZnO/UV foi empregado, a degradação de CAF foi de 95,75% (Tabela 3) nos experimentos de degradação conjunta dos fármacos enquanto nos experimentos de degradação individual sua degradação foi de 96,5% (Tabela 2).

Empregando-se esse mesmo sistema, a degradação de AAS foi de 72,77% nos experimentos de degradação conjunta dos fármacos (Tabela 3) enquanto nos experimentos de degradação individual sua degradação foi de 76,3% (Figura 3). Assim, empregando-se o sistema ZnO/UV é possível perceber que a remoção de CAF e AAS permaneceu praticamente inalterada nos experimentos de degradação conjunta desses fármacos mostrando que provavelmente diferentes mecanismos de reação na degradação de CAF e AAS podem estar ocorrendo quando ZnO foi empregado como fotocatalisador.

Tabela 3 – Resultados de degradação fotocatalítica de CAF e AAS nos experimentos de degradação simultânea em suspensão aquosa em condições otimizadas de pH e de concentração dos fotocatalisadores.

Sistema			Degradação de CAF (%)	Degradação de AAS (%)
TiO_2/UV			100,00	66,38
ZnO/UV			95,75	72,77
TiO_2/UV	Fármaco:PS	1:1	56,08	38,81
		1:10	86,57	48,89
ZnO/UV	Fármaco:PS	1:1	94,70	69,54
		1:10	94,41	77,79
Efeito de matriz	TiO_2/UV		91,35	50,78
	ZnO/UV		88,57	50,0

Estudo da adição de oxidante auxiliar (PS)

Uma das principais desvantagens dos processos de fotocatálise heterogênea é a rápida recombinação dos elétrons fotogerados (e^-) e dos buracos (h^+). Isto pode ser minimizado substancialmente com o uso de aceitadores de elétrons ao sistema. Assim, a adição de aceitadores de elétrons ao meio de reação, como PS, pode aumentar a taxa de degradação de contaminantes orgânicos evitando a recombinação elétron-buraco ao aceitar os elétrons da banda de condução e aumentando a concentração de radicais hidroxila (Muneer, 2005). Para

minimizar essa recombinação de pares elétron-buraco no meio reacional, o oxidante auxiliar PS, um aceitador de elétrons, foi adicionado as suspensões aquosas contendo TiO_2 e ZnO durante os processos de degradação de CAF e AAS. A Tabela 3 nos mostra como a adição de PS afeta a degradação dos CEs estudados utilizando-se os sistemas de degradação propostos.

Para o caso do novo sistema TiO_2/UV/PS, foi observada que tanto para proporção molar 1:1 como para a proporção 1:10 Fármaco:PS, uma menor eficiência na remoção de CAF ou AAS quando comparado a sistema TiO_2/UV na ausência de PS. Empregando-se o sistema ZnO/UV/PS observou-se diminuição da degradação de AAS, quando proporção AAS:PS 1:1 foi utilizada e pequeno aumento em sua degradação, quando uma proporção AAS:PS 1:10 foi empregada, ambos com relação ao sistema de degradação na ausência de PS.

Já para a degradação de CAF em sistema ZnO/UV/PS, observou-se uma pequena diminuição em sua degradação quando proporção CAF:PS 1:1 foi usada, e o mesmo comportamento foi observado em proporção CAF:PS 1:10 em relação sistema ZnO/UV na ausência de PS. Esse fato pode ser justificado pelo uso de soluções em pH próximo ao neutro (pH ≈ 5,0), o que diminui a ativação de PS, diminuindo a geração de radicais $SO_4^{\bullet-}$, e ainda por reações de recombinação, em que radicais $SO_4^{\bullet-}$ e $HO^{\bullet}$ reagem entre si formando ânion HSO_4^- e O_2 (Amasha, 2018).

Estudo do efeito de matriz

Durante o processo de fotocatálise heterogênea, na superfície do catalisador ocorrem cinco etapas, a saber, fotoexcitação, difusão, aprisionamento, recombinação e oxidação. Durante essas etapas, ocorre a oxidação e redução dos compostos adsorvidos nos centros semicondutores ativos, promovida principalmente pelos radicais hidroxila reativos livres.

Porém, o processo de adsorção de micropoluentes na superfície do catalisador pode ser dificultado pela presença de compostos orgânicos ou inorgânicos que competem com o micropoluente por adsorção nos sítios ativos do catalisador (Kudlek, 2016; Deepracha, 2021). Por exemplo, íons como HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} estão presentes na água, afetando significativamente a degradação fotocatalítica de poluentes orgânicos. O efeito de cátions e ânions nos processos de degradação de contaminantes em geral é estudado avaliando-se os efeitos desses íons em cátions e ânions separadamente em tais processos e não de forma simultânea como proposto no presente projeto (Chládková, 2015; Dugandžić, 2017). Como cátions e ânions estão presentes simultaneamente em meio aquoso e,

frequentemente, presentes em águas superficiais, subterrâneas e residuais, é relevante se avaliar simultaneamente a influência desses íons nos processos de degradação propostos.

Portanto, os processos de degradação avaliados foram realizados em água mineral de composição mostrada anteriormente (Tabela 1). A Tabela 3 mostra que a presença de cátions e ânions no meio reacional causou a diminuição na degradação tanto de CAF como de AAS quando ambos os sistemas de degradação propostos foram realizados em amostra de água mineral e que, adicionalmente, quando o sistema ZnO/UV é utilizado percebe-se uma diminuição mais expressiva na degradação de AAS em relação à observada para CAF.

O comportamento dos processos de degradação nestas amostras provavelmente variou porque diferentes íons podem reagir com sítios carregados ricos em elétrons ou lacunas na superfície do catalisador, reduzindo assim a geração de hidroxilas e outros radicais, inibindo a reação de oxidação e/ou redução dos compostos sujeitos a processos de degradação (Kudlek, 2016). Para ilustrar e explicar o comportamento observado, algumas reações possíveis são apresentadas a seguir, na maioria dos casos incluindo a formação de espécies radicalares muito menos reativas do que os esperados radicais altamente reativos. Os ânions cloreto, por exemplo, podem reagir com os buracos na banda de valência e/ou $HO^{\bullet}$, gerando radicais cloro $Cl^{\bullet}$ (Equações 3–5) (Gao, 2019).

$$Cl^- + h^+_{BV} \rightarrow Cl^{\bullet} \quad (3)$$

$$Cl^{\bullet} + Cl^- \rightarrow Cl^{\bullet-}_2 \quad (4)$$

$$HO^{\bullet} + Cl^- \rightarrow OH^- + Cl^{\bullet} \quad (5)$$

Da mesma forma que aconteceu com os ânions Cl^-, a presença de NO_3^- em meio aquoso pode levar à diminuição da degradação de um contaminante, devido ao fato de que esses ânions podem atuar como sequestradores de radicais, reagindo com os buracos (h^+_{BV}) e radicais hidroxila (Equações 6 e 7), com reações de eliminação de radicais semelhantes ocorrendo para os outros ânions presentes nas amostras de água mineral (CO_3^{2-}, HCO_3^- e SO_4^{2-}; Equações 8–11) (Gao, 2019; Kudlek, 2016; Wang, 2022).

$$NO_3^- + h^+_{BV} \rightarrow NO^{\bullet}_3 \quad (6)$$

$$NO_3^- + HO^{\bullet} \rightarrow NO^{\bullet}_3 + OH^- \quad (7)$$

$$CO_3^{2-} + HO^{\bullet} \rightarrow CO^{\bullet-}_3 + OH^- \quad (8)$$

$$HCO_3^- + HO^{\bullet} \rightarrow HCO^{\bullet}_3 + OH^- \quad (9)$$

$$HCO_3^- + HO^{\bullet} \rightarrow CO^{\bullet-}_3 + H_2O \quad (10)$$

$$SO_4^{2-} + HO^{\bullet} \rightarrow SO^{\bullet-}_4 + OH^- \quad (11)$$

Embora os radicais formados nas reações 6 – 11 também sejam reativos e possivelmente atuem na degradação dos CEs estudados, estes radicais não apresentam a alta reatividade e baixa seletividade do radical HO• produzido pelo buraco. Assim, durante o processo fotocatalítico, a degradação dos compostos de interesse foi inibida (ou perdeu grandemente a eficiência) de acordo com o processo fotocatalítico ocorrido (Chládková, 2015).

Conclusão

A partir dos estudos de degradação realizados para os fármacos CAF e AAS de forma isolada, em condições otimizadas de reação, percebeu-se que o sistema TiO_2/UV foi mais favorável, na maioria dos casos, à degradação desses fármacos quando comparado ao sistema ZnO/UV levando até mesmo a uma degradação completa dos CEs avaliados dependendo da condição experimental empregada.

Ao serem avaliadas as reações de degradação simultânea desses CEs verificou-se que quando o sistema TiO_2/UV foi empregado que a degradação de AAS ocorre em menor extensão na presença de CAF. Esse comportamento ocorreu provavelmente devido a uma competição desses fármacos pelos sítios ativos de TiO_2 ou devido ao ataque preferencial de espécies oxidantes radicalares as moléculas de CAF em relação ao AAS. Já quando o sistema ZnO/UV foi empregado notou-se que a remoção de CAF e AAS permaneceu praticamente inalterada mostrando que possivelmente diferentes mecanismos de reação na degradação de CAF e AAS podem estar ocorrendo quando ZnO foi empregado como fotocatalisador, apesar das semelhanças dos fotocatalisadores empregados no estudo realizado.

Um estudo mais detalhado precisa ser realizado para se entender de forma inequívoca os mecanismos de reação que ocorrem na degradação de CAF e AAS quando são utilizados os dois fotocatalisadores empregados nos experimentos realizados. Ao ser avaliada a adição do oxidante auxiliar PS à degradação conjunta dos fármacos verificou-se que este não potencializou o processo de degradação dos CEs estudados como era esperado.

Quando as reações de degradação de CAF e AAS de forma isolada foram realizadas em meio de água mineral nas condições otimizadas de reação e sem adição de oxidante, observou-se novamente menores percentuais de degradação para ambos os sistemas em relação às reações realizadas em meio de água deionizada sem adição do oxidante, porém, foi observada uma diminuição mais expressiva na degradação de AAS em relação à degradação observada para CAF nas condições reacionais empregadas. Esse estudo revelou que as espécies iônicas presentes em água mineral, provavelmente, prejudicaram de forma mais

acentuada a adsorção de AAS na superfície do fotocatalisador, prejudicando, portanto, seu processo de degradação.

Foi observada uma dissolução de ZnO inferior a 1% nas condições experimentais empregadas nos experimentos de degradação quando o sistema ZnO/UV foi utilizado na degradação de CAF e AAS. Desta forma, pequenas concentrações de zinco em solução aquosa foram observadas após 120 minutos de reação, revelando-se assim que o processo de dissolução de ZnO não parece ter afetado de forma significativa os processos de degradação estudados.

Referências

Abebe, B., Murthy, H. C. A., & Amare, E. (2020). Enhancing the photocatalytic efficiency of ZnO: Defects, heterojunction, and optimization. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**. Amsterdã: Elsevier, v. 10, 10336.

Akerdi, A. G., & Bahrami, S. H. (2019). Application of heterogeneous nano-semiconductors for photocatalytic advanced oxidation of organic compounds: A review **Journal of Environmental Chemical Engineering**. Amsterdã: Elsevier, v. 7, 103283.

Amasha, M., Baalbaki, A., & Ghauch, A. (2018). A comparative study of the common persulfate activation techniques for the complete degradation of an NSAID: The case of ketoprofen. **Chemical Engineering Journal**. Amsterdã: Elsevier, v. 350, p. 395–410.

Arfanis, M. K., Adamou, P., Moustakas, N. G., Triantis, T. M., Kontos, A. G., & Falaras, P. (2017). Photocatalytic degradation of salicylic acid and caffeine emerging contaminants using titania nanotubes. **Chemical Engineering Journal**. Amsterdã: Elsevier, v. 310, p. 525–536.

Chládková, B., Evgenidou, E., Kvítek, L., Panáček, A., Zbořil, R., Kovář, P., & Lambropoulou, D. (2015). Adsorption and photocatalysis of nanocrystalline TiO_2 particles for Reactive Red 195 removal: effect of humic acids, anions and scavengers. **Environmental Science and Pollution Research**. Londres: Springer Nature, v. 22, p. 16514–16524.

Deepracha, S., Ayral, A., & Ogawa, M. (2021). Acceleration of the photocatalytic degradation of organics by *in-situ* removal of the products of degradation. **Applied Catalysis B: Environmental**. Amsterdã: Elsevier, v. 284, 119705.

Dey, S., Bano, F., & Malik, A. (2019). Pharmaceuticals and personal care product (PPCP) contamination—a global discharge inventory. **Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology: Emerging Contaminants and Micro Pollutants**. Amsterdã: Elsevier, p. 1–26.

Dugandžić, A. M., Tomašević, A. V., Radišić, M. M., Šekuljica, N., Mijin, D., & Petrović, S. D. (2017). Effect of inorganic ions, photosensitisers and scavengers on the photocatalytic degradation of nicosulfuron. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. Amsterdã: Elsevier, v. 336, p. 146–155.

Elhalil, A., Elmoubarki, R., Farnane, M., Machrouhi, A., Mahjoubi, F. Z., Sadiq, M., Qourzal, S., & Barka, N. (2018). Synthesis, characterization and efficient photocatalytic activity of novel Ca/ZnO-Al_2O_3 nanomaterial. **Materials Today Communications**. Amsterdã: Elsevier, v. 16, p. 194-203.

European Economic Community. (1991). **COUNCIL DIRECTIVE concerning urban waste water treatment (91/271/EEC)**. Bruxelas.

Gao, X., Guo, Q., Tang, G., Peng, W., Luo, Y., & He, D. (2019). Effects of inorganic on the photocatalytic degradation of carbamazepine. **Journal of Water Reuse and Distribution**. Londres: IWA Publishing, v. 9, n. 3, p. 301–309.

Gautam, P., Kumar, S., & Lokhandwala, S. (2019). Advanced oxidation processes for treatment of leachate from hazardous waste landfill: A critical review. **Journal of Cleaner Production**. Amsterdã: Elsevier, v. 237, 117639.

Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., van de Zee, S. E. A. T. M., & Ritsema, C. J. (2015). Emerging pollutants in the environment: a challenge for water resource management. **International Soil and Water Conservation Research**. Amsterdã: Elsevier, v. 3, n. 1, p. 57–65.

Ghosh, M., Manoli, K., Shen, X., Wang, J., & Ray, A. K. (2019). Solar photocatalytic degradation of caffeine with titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**. Amsterdã: Elsevier, v. 377, p. 1–7.

Gonzaga, I. M. D., Almeida, C. V. S., & Mascaro, L. H. (2023). A Critical Review of Photo-Based Advanced Oxidation Processes to Pharmaceutical Degradation. **Catalysts**. Amsterdã: Elsevier, v. 13, n. 221, p. 1–36.

Holmberg, J. P., Ahlberg, E., Bergenholtz, J., Hassellöv, M., & Abbas, Z. (2013). Surface charge and interfacial potential of titanium dioxide nanoparticles: Experimental and theoretical investigations. **Journal of Colloid and Interface Science**. Amsterdã: Elsevier, v. 407, p. 168–176.

Jaafara, N. F., Jalil, A. A., Triwahyonoa, S., Ripin, A., & Ali, M. W. (2016). Significant effect of pH on photocatalytic degradation of organic pollutants using semiconductor catalysts**. Jurnal Teknologi - Sciences & Engineering**. Malásia, v. 78, p. 7–12.

Jagannatha, R. B., Ramu, S. S. R., Padaki, M., & Balakrishna. M. G. (2017). An efficient method for the synthesis of photo catalytically active ZnO nanoparticles by a gel-combustion method for the photo-degradation of Caffeine. Nanochemistry Research. Teerã: Iranian Chemical Society, v. 2, n. 1, p. 86–95.

Jiang, J. Q., Zhou, Z., & Sharma, V. K. (2013) Occurrence, transportation, monitoring and treatment of emerging micro-pollutants in waste water – a review from global views, **Microchem. J.**, 110 p. 292–300.

Karimi, P., Baneshi, M. M., & Malakootian, M. (2019). Photocatalytic degradation of aspirin from aqueous solutions using the UV/ZnO process: modelling, analysis and optimization by response surface methodology (RSM). **Desalination and Water Treatment**. Amsterdã: Elsevier, v. 161, p. 354–364.

Kudlek, E., Dudziak, M., & Bohdziewicz, J. (2016). Influence of Inorganic Ions and Organic Substances on the Degradation of Pharmaceutical Compound in Water Matrix. **Water**. Basiléia: MDPI, v. 8, n. 11, p. 532–549.

Kumar, A., & Pandey, G. (2017). A review on the factors affecting the photocatalytic degradation of hazardous materials. **Material Science & Engineering International Journal**. Budapeste: MedCrave, v. 1, n. 3, p. 106–114.

Lim, F. Y., Ong, S. L., & Hu, J. (2017). Recent Advances in the Use of Chemical Markers for Tracing Wastewater Contamination in Aquatic Environment: A Review. **Water**. Basiléia: MDPI, v. 9, n. 143, p. 1–26.

Linden, R., Antunes, M. V., Heinzelmann, L. S., Fleck, J. D., Staggemeier, R., Fabres, R. B., Vecchia, A. D., Nascimento, C. A. & Spilki, F. R. (2015). Caffeine as an indicator of human fecal contamination in the Sinos River: a preliminary study. **Brazilian Journal of Biology**. São Paulo: SCIELO, v. 75, n. 2, p. 81–84.

Liu, J. L., & Wong, M. H., (2013). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a review on environmental contamination in China. **Environment International**. Amsterdã: Elsevier, v. 59, p. 208–224.

Mai, L. T., Hoai, L. T., & Tuan, V. A. (2018). Effects of reaction parameters on photodegradation of caffeine over hierarchical flower-like ZnO nanostructure. **Vietnam Journal of Chemistry**. Nover Jérsei: Wiley Online Library, v. 56, n. 5, p. 647–653.

Majumder, A., Gupta, B., & Gupta, A. (2019). Pharmaceutically active compounds in aqueous environment: A status, toxicity and insights of remediation. **Environmental Research**. Amsterdã: Elsevier, v. 176, 108542.

Miao, J., Jia, Z., Lu, H. B., Habibi, D., & Zhang, L. C. (2014). Heterogeneous photocatalytic degradation of mordant black 11 with ZnO nanoparticles under UV–Vis light. **Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers**. Amsterdã: Elsevier, v. 45, n. 4, p. 1636–1641.

Muangmora, R., Kemacheevakul, P., Punyapalakul, P., & Chuangchote, S. (2020). Enhanced Photocatalytic Degradation of Caffeine Using Titanium Dioxide Photocatalyst Immobilized on Circular Glass Sheets under Ultraviolet C Irradiation. **Catalysts**. Basiléia, MDPI, v. 10, n. 964 p. 2–14.

Muangmora, R., Roongraung, K., Kemacheevakul, P., & Chuangchote, S. (2023). Photocatalytic degradation of pharmaceuticals from water using nitrogen-doped titanium dioxide coated on fiberglass cloth. **Journal of Cleaner Production**. Amsterdã: Elsevier, v. 397, 136487.

Mukherjee, D., Ray, A. J., & Barghi, S. (2016). Mechanism of Acetyl Salicylic Acid (Aspirin) Degradation under Solar Light in Presence of a TiO_2-Polymeric Film Photocatalyst. **Processes**. Basiléia: MDPI, v. 4, n. 13, p. 1–9.

Muneer, M., Qamar, M., Saquib, M., & Bahnemann, D.W. (2005). Heterogeneous photocatalysed reaction of three selected pesticide derivatives, propham, propachlor and tebuthiuron in aqueous suspensions of titanium dioxide. **Chemosphere,** 61, 457–46

Oliveira, R., da Silva Martini, W., & Sant'Ana, A. C. (2022). Combined effect involving semiconductors and plasmonic nanoparticles in photocatalytic degradation of pesticides. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**. Amsterdã: Elsevier, v. 17, 100657.

Oliveira, T. D., Martini, W. S., Santos, M. D. R., Matos, M. A. C., & da Rocha, L. L. (2015). Caffeine Oxidation in Water by Fenton and Fenton-Like Processes: Effects of Inorganic Anions and Ecotoxicological Evaluation on Aquatic Organisms. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. São Paulo: SBQ, v. 26, n. 1, p. 178–184.

Ouda, M., Kadadou, D., Swaidan, B., Al-Othman, A., Al-Asheh, S., Banat, F., & Hasan, S. W. (2021). Emerging contaminants in the water bodies of the Middle East and North Africa (MENA): A critical review. **Science of The Total Environment**. Amsterdã: Elsevier, v. 754, 142177

Qamar, M., Muneer, M., & Bahnemann, D. (2006). Heterogeneous photocatalysed of two selected pesticides derivatives, triclopyr and daminozid in aqueous suspensions of titanium dioxide. **Journal of Environmental Management**. Amsterdã: Elsevier, v. 80, p. 99–106.

Raj, R., Tripathi, A., Das, S., & Ghangrekar, M. M. (2021). Removal of caffeine from wastewater using electrochemical advanced oxidation process: A mini review. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**. Amsterdã: Elsevier, v. 4, 100129.

Rajamanickam, D., & Shanthi, M. (2016). Photocatalytic degradation of an organic pollutant by zinc oxide – solar process. **Arabian Journal of Chemistry**. Amsterdã: Elsvier, v. 9, p. 1858-1868.

Rani, C. N. (2022) Photocatalytic degradation of caffeine in a slurry reactor with intermitente UV irradiation: optimization and response surface modelling, **Water Practice & Technology**, v. 17 No 1, p. 517-528.

Rauf, M. A., & Ashraf. S. S. (2009). Fundamental principles and application of heterogeneous photocatalytic degradation of dyes in solution. **Chemical Engineering Journal**. Amsterdã: Elsevier, v. 151, n. 1–3, p. 10–18.

Reis, I. B., Santos, M. D. R., de Oliveira, D. G., Lourdes, A. M. F. O., da Silva, J. C. J., Andrade, G. F. S., Matos, M. A. C., & da Rocha, L. L. (2022). Photocatalytic degradation of salicylic acid employing TIO_2 and ZnO in aqueous suspension. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 8, n. 4, p. 25726–25743.

Rosenfeld, P. E., & Feng, L. G. H. (2011). Emerging contaminants. **Risks of Hazardous Wastes**. Amsterdã: Elsevier, p. 215–222.

Sharma, B. M., Bečanová, J., Scheringer, M., Sharma, A., Bharat, G. K., Whitehead, P. G., Klánová, J., & Nizzetto, L. (2019). Health and ecological risk assessment of emerging contaminants (pharmaceuticals, personal care products, and artificial sweeteners) in surface and groundwater (drinking water) in the Ganges River Basin, India. **Science of The Total Environment**. Amsterdã: Elsevier, v. 646, p. 1459–1467.

Velempini, T., Prabakaran, E., & Pillay, K. (2021). Recent developments in the use of metal oxides for photocatalytic degradation of pharmaceutical pollutants in water—A review. **Mater. Today Chem.**, 19, 100380.

Velmurugan, R., & Swaminathan, M. (2011). An efficient nanostructured ZnO for dye sensitized degradation of Reactive Red 120 dye under solar light. **Solar Energy Materials and Solar Cells**. Amsterdã: Elsevier, v. 95, n. 3, p. 942–950.

Wang, H., Xie, C., Zhang, W., Cai, S., Yang, Z., & Gui, Y. (2007). Comparison of dye degradation efficiency using ZnO powders with various size scales. **Journal of Hazardous. Materials**. Amsterdã: Elsevier, v. 141, n. 3, p. 645–652.

Wang, J., Zheng, M., Deng, Y., Liu, M., Chen, Y., Gao, N., Du, E., Chu, W., & Guo, H. (2022). Generality and diversity on the kinetics, toxicity and DFT studies of sulfate radical-induced transformation of BPA and is analogues. **Water Research**. Amsterdã: Elsevier, v. 219, 118506.

Yang, C., Yu, J., Li, Q., & Yu, Y. (2016). Facile synthesis of monodisperse porous ZnO nanospheres for organic pollutant degradation under simulated sunlight irradiation: The effect of operational parameters. **Materials Research Bulletin**. Amsterdã: Elsevier, v. 87, p. 72-83.

Zhang, F., Chen, X., Wu, F., & Ji, Y. (2016). High adsorption capability and selectivity of ZnO nanoparticles for dye removal, **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. Amsterdã: Elsevier, v. 509, p. 474–483.

Zhe, W., Wenjuan, Z., Haihan, W., Zhiwei, W., & Jing, C. (2021). Oxidation of acetylsalicylic acid in water by UV/O_3 process: Removal, byproduct analysis, and investigation of degradation mechanism. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. Amsterdã: Elsevier, v. 9, n. 5, 106259.

Capítulo 11

Ações de pesquisa de Iniciação Científica do Grupo Pesquisa de Ponta – UFJF de 2016 a 2025

Marco Aurélio Kistemann Jr. [31]
Davi Eduardo Fiuza Abras de Melo[32]
Thayonara do Patrocício Andrade[33]
Luiz Phelippe de Oliveira Pinto[34]

Introdução

A iniciação científica desempenha um papel fundamental no contexto universitário, contribuindo de diversas maneiras para o desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal dos estudantes, bem como para o avanço do conhecimento e da pesquisa.

Neste sentido, alguns dos principais aspectos que destacam a importância da iniciação científica reside numa formação acadêmica e profissional para o desenvolvimento de habilidades de pesquisa, ou seja, a iniciação científica permite que os estudantes aprendam a conduzir pesquisas, desde a formulação de hipóteses até a análise de dados e a redação de relatórios ou artigos científicos. Com o aprofundamento dos conhecimentos, os estudantes têm a oportunidade de se aprofundar em áreas específicas de interesse, indo além do conteúdo abordado em sala de aula, de modo que a experiência em pesquisa é um diferencial para quem deseja seguir carreira acadêmica ou ingressar em programas de mestrado e doutorado.

Um segundo ponto situa-se na contribuição para a Ciência e Tecnologia, na medida em que a iniciação científica pode contribuir também para a geração de novos, muitas vezes resultando em publicações científicas e apresentações em congressos. Além disso, os projetos de iniciação científica podem levar ao desenvolvimento de novas tecnologias, métodos e soluções para problemas sociais, econômicos e ambientais.

[31] Pesquisador do Departamento de Matemática e Líder do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF). E-mail: marco.kistemann@ufjf.br
[32] Mestrando em Educação Matemática (UFJF) e pesquisador do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF). E-mail: davi.fiuza2222@gmail.
[33] Licencianda em Matemática (UFJF) e pesquisadora do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF). E-mail: thayonara@hotmail.com.
[34] Licenciando em Matemática (UFJF) e pesquisador do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF). E-mail: lpop@outlook.com.br

Um terceiro ponto que destacamos é o do desenvolvimento de competências transversais visando estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e analítico, habilidades essenciais para a resolução de problemas complexos na sociedade do século XXI. Além disso, muitos projetos de iniciação científica são realizados em grupos, promovendo a colaboração e o trabalho em equipe. De forma que os estudantes aprendem a comunicar seus resultados de forma eficaz, seja por meio de relatórios, artigos ou apresentações orais.

Um quarto ponto a favor das práticas de IC é a integração entre Teoria e Prática permitindo que os estudantes apliquem os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula em situações práticas e reais. A participação em projetos de pesquisa pode ainda proporcionar, aos estudantes bolsistas, uma experiência prática valiosa que pode ser um diferencial no mercado de trabalho. A participação em projetos de pesquisa permite também que os estudantes estabeleçam contatos com professores, pesquisadores e outros estudantes, o que pode abrir portas para futuras oportunidades acadêmicas e profissionais.

Destacamos ainda o impacto social dos projetos de iniciação científica que têm o potencial de gerar impactos positivos na sociedade, seja por meio de descobertas científicas, inovações tecnológicas ou soluções para problemas sociais, contribuindo para a conscientização sobre questões importantes, como saúde, educação, ética, equidade, alteridade, meio ambiente e justiça social. Em suma, a pesquisa científica alimenta a curiosidade dos estudantes, incentivando-os a questionar, investigar e buscar respostas para questões complexas.

Diante do exposto, neste capítulo nosso objetivo é apresentar os projetos de IC desenvolvidos de 2016 a 2025 com temáticas de Educação Financeira e Produção de materiais para a aprendizagem desta temática juntamente com a Matemática Financeira. A seguir, apresentamos em ordem cronológica os projetos de IC realizados com os coautores deste capítulo em parceria com o autor, todos membros pesquisadores do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF).

1. Projetos e pesquisas realizadas

1.1. PIBIC-CNPQ/ PROBIC JR-CNPQ Matemática, Educação Financeira e Tomada de decisão (2015)

A ascensão econômica de milhões de brasileiros agregado à incipiência destes indivíduos em lidar, após épocas de hiperinflação, diversos planos econômicos, com instrumentos financeiros como cartão de crédito/débito, prestações, cheque especial, etc., colocava em 2015 um desafio a cada indivíduo-consumidor em contato com novas situações

e operações financeiras, ainda pouco familiares para muitos consumidores. Somado a isso, o aumento das possibilidades de consumo tornava necessário promover a educação financeira, para despertar a consciência da população quanto às suas decisões individuais e familiares relacionadas a seus recursos.

À época, a área de Educação Financeira era recente e com pesquisas na Educação Matemática iniciadas há menos de uma década e meia (em torno do ano 2000), com pesquisas que começavam a apresentar resultados acerca da necessidade de se adequar esse tema à realidade do cotidiano das escolas brasileiras. Com uma proposta de Educação Financeira, a ENEF (Estratégia nacional de Educação Financeira) criada através do Decreto Federal 7.397/2010, o governo brasileiro com vários parceiros e influenciados pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), buscam o fortalecimento da cidadania ao fornecer e apoiar ações que ajudem a população a tomar decisões financeiras mais autônomas e conscientes.

A partir disso, não podemos nos desvencilhar de que a Matemática é/era de suma relevância para a leitura do mundo econômico e para a tomada de decisão em situações de consumo, embora tais conteúdos ainda sejam muito desprezados, de acordo com nossas investigações. Analisar de forma crítica uma situação que envolve dados numéricos, percentagens, financiamentos, prazos, mensagens de propagandas, entender como se comporta o dinheiro e o fator tempo, com tópicos da Matemática Financeira, entendemos, pode auxiliar cada indivíduo-consumidor na sua interpretação e tomada de decisão.

As pesquisas na tese de doutorado de Kistemann Jr. (2011) revelaram a utilização da intuição e das quatro operações (adição, subtração, divisão e multiplicação) nas ações de consumo da população em geral. Há uma subutilização de entes matemáticos, de cunho financeiro, que poderiam auxiliar cada indivíduo-consumidor na sua tomada de decisão.

A Matemática, em geral, ainda é estudada de forma bastante básica e mecânica no ensino fundamental, médio e superior brasileiro. Nota-se ainda um distanciamento relevante entre a teoria matemática e o uso de tópicos de Matemática para resolução de problemas da vida cotidiana, nos mais variados contextos sócio-econômicos. Por fim, entendemos que a Matemática deve estar inter-relacionada com a temática da Educação Financeira, por meio de projetos empreendidos nas escolas, ser ensinada por meio de situações-problema, na medida em que, desde cedo, alfabetizemos matematicamente nossos aprendizes, promovendo em cada um deles a literacia econômica, desenvolvendo competências de análise de situações de cunho financeiro-econômicas com a utilização de conteúdos presentes na Matemática.

Neste sentido, neste projeto cumprimos os seguintes objetivos: (i) estudar conteúdos de Matemática e suas potencialidades para tomada de decisão; (ii) promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática o desenvolvimento do senso crítico e da literacia financeiro-econômica; (iii) contribuir na formação de recursos humanos capacitados matematicamente, por meio de orientações e práticas de iniciação científica; (iv) apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico para a leitura de situações financeiras e tomadas de decisão.

A metodologia qualitativa utilizada foi baseada: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Matemática; (iii) criação de situações-problema de cunho financeiro-econômico; (iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática; (v) encontros periódicos com o grupo de Pesquisa de Ponta (UFJF) para discussões das investigações propostas nesse projeto.

Como resultados e impactos esperados tivemos; (i) aprimoramento do conhecimento de Matemática como instrumento para tomada de decisão; (ii) realização de seminários científicos abertos à comunidade acadêmica; (iii) aprimoramento da escrita de textos científicos por meio da redação de relatórios de iniciação científica sobre o tema referido nesse projeto; (iv) publicação de ao um artigo científico em uma revista de divulgação científica da Educação Matemática; (v) apresentação de resultados em eventos científicos da Matemática e da Educação Matemática.

1.2. PIBIC-CNPQ/ PROBIC JR-CNPQ Matemática, Educação Financeira e Tomada de decisão (2015)

Vivenciamos no século XXI, de acordo com o sociólogo Zigmunt Bauman, a sociedade de consumo líquido-moderna, ou seja, uma sociedade fortemente marcada pelo consumo instantâneo e pelo descarte imediato de bens. Nessa sociedade, em geral, promulga-se que o relevante é consumir agora e pagar depois, o desejo comanda as ações e a racionalidade econômica, muitas vezes, é secundarizada, ocasionando endividamentos e inadimplência dos indivíduos-consumidores.

Nesse contexto, entendemos que a Educação Financeira pode e deve constituir-se como um instrumento de leitura crítica do mundo econômico, auxiliando os indivíduos-consumidores a tomar decisões, quando em contato com situações cotidianas de consumo.

A principal motivação desse projeto em 2016 foi propiciar a jovens-indivíduos-consumidores a oportunidade de refletir e tomar suas decisões, na atual sociedade de consumo líquido-moderna, com relação às ações de consumo. Nesse contexto, possibilitou-se uma

alfabetização financeira de jovens-indivíduos-consumidores com o o entendimento das regras que regem o mercado financeiro cotidiano, com taxas de juros, índices inflacionários, estratégias de marketing, uso consciente do dinheiro e seu valor no tempo e o valor do planejamento financeiro.

Num contexto econômico brasileiro, em 2016, que revelava alto grau de endividamento das famílias e dos jovens, a proposta de capacitação de jovens-indivíduos-consumidores, no viés financeiro-econômico, se constituiu como uma das possibilidades de redução de endividamentos e num incremento de uma cultura da valorização das ações conscientes de consumo.

Para efetuar essa proposta, em termos metodológicos foi necessário um aprofundamento não só em tópicos de Matemática Financeira por parte do bolsista, mas sim um estudo amplo do que caracteriza a atual sociedade de consumo, as leis que regem o mercado econômico, as propostas de marketing e suas intersecções com os tópicos da Matemática Financeira. É necessário que o consumo ocorra, mas o consumismo desenfreado já vinha revelando os prejuízos das deficientes tomadas de decisão de cunho financeiro-econômico da população brasileira, em geral. É necessário enfatizar ainda que foi necessário um aprofundamento em metodologia de pesquisa para que todos os dados produzidos fossem analisados e embasados no contexto da metodologia de pesquisa científica.

Em suma, o projeto em questão teve como objetivo central propiciar o estudo de tópicos de Matemática Financeira como suporte para Educação Financeira e Tomada de decisão, bem como possibilitar estudos (econômicos, sociológicos, filosóficos) sobre a dinâmica da sociedade de consumo líquido-moderna e como utilizar-se de instrumentos e conceitos matemáticos para atuar e tomar decisões nesse contexto.

Esse projeto teve como resultado os estudos de Educação Financeira adquiridos no decorrer do projeto pelo bolsista com mediação do orientador e autor desse capítulo, ampliando os conhecimentos do bolsista de Matemática para a tomada de decisões em situações cotidianas de cunho financeiro-econômicos. Despertou ainda ações para a gênese de um pesquisador, na medida em que este bolsista teve acesso a materiais e textos científicos, convivendo com pesquisadores de um grupo de pesquisa da Educação Matemática.

1.3. PIBIC-CNPQ Ética, Educação Financeira e Tomadas de Decisão (2016-2017)

A área de Educação Financeira ainda é recente e com pesquisas na Educação Matemática iniciadas a partir do ano 2000, com pesquisas que começam a apresentar

resultados acerca da necessidade de se adequar esse tema à realidade do cotidiano das escolas brasileiras. Com uma proposta de Educação Financeira, a ENEF (Estratégia nacional de Educação Financeira) criada através do Decreto Federal 7.397/2010, o governo brasileiro com vários parceiros e influenciados pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), buscaram o fortalecimento da cidadania ao fornecer e apoiar ações que ajudem a população a tomar decisões financeiras mais autônomas e conscientes.

Na UFJF, o grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) vem desde 2011 investigando em diversos âmbitos (ensino fundamental, técnico, médio, superior e EJA) a produção de significados e a tomada de decisão de indivíduos consumidores, em situações criadas pelo próprio grupo com temas de natureza financeira e econômica, bem como publicando artigos e divulgando resultados de suas pesquisas em eventos no Brasil e no exterior. Tais resultados foram publicados e apresentam-se nas referências.

O coordenador do Grupo, Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Jr, integrou em 2015-2016, no Ministério da Educação o Grupo de Apoio Pedagógico (GAP/MEC), que propôs um projeto de Educação Financeira (EF) junto a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) que promoveu uma proposta para a composição de diretrizes para o currículo escolar brasileiro com a temática da EF. Nesta proposta encabeçada pelos membros do GAP, foram sugeridas ações para cada ano da educação básica que regeriam as práticas de EF de forma inter e transdisciplinar a partir de 2017.

Uma das ações do Pesquisa de Ponta (UFJF) foi o projeto em fase final intitulado "Matemática, Educação Financeira e Tomada de decisão" do PIBIC/CNPq (2015-2016) no qual percebemos que para a gênese de um indivíduo-consumidor (Kistemann Jr., 2011) consciente e que utiliza a Matemática, para se educar financeiramente e tomar suas decisões, a instrumentação de conteúdos matemáticos básicos é relevante, bem como conhecer princípios norteadores para a organização financeira individual e familiar. Contudo, percebemos que se este indivíduo-consumidor souber fazer as contas com juros, por exemplo, para tomar sua decisão, ou saber fazer uma planilha para equilibrar seu orçamento, entre outras ações, não se constituirá num consumidor reflexivo e responsável, caso o viés ético não participar de suas decisões.

Assim, entendemos que tais ações deveriam vir acompanhadas de uma discussão e uma reflexão ética que possibilitasse ao indivíduo se organizar financeiramente, tomar suas decisões, a partir de dados matemáticos, porém com decisões amparadas não na denominada ética do mercado, em que levar vantagem, em muitos casos ainda é a prática corrente.

Alguns resultados do projeto realizado em 2025-2016 nos revelou que não podemos nos desvencilhar de que a Matemática é de suma relevância para a leitura do mundo econômico e para a tomada de decisão em situações de consumo, embora tais conteúdos ainda sejam muito desprezados, como constataram nossas investigações. Analisar de forma crítica uma situação que envolve dados numéricos, porcentagens, financiamentos, prazos, mensagens de propagandas, entender como se comporta o dinheiro e o fator tempo, com tópicos da Matemática Financeira, foram os resultados que destacamos neste projeto de 2025-2016, possibilitando uma consciente tomada de decisão por parte do indivíduo-consumidor.

Entretanto, foi de nosso entendimento que, para que a interpretação de um cenário ocorresse e a tomada decisão fosse efetivada, o indivíduo-consumidor deveria buscar em suas ações a prática ética de suas escolhas, ou seja, como proposto por Platão e em seguida por Aristóteles uma prática ética em que indivíduo e a comunidade em que este se encontra inserido, fossem contemplados com o estabelecimento de valores morais autênticos distintos dos estabelecidos pelo mercado em que se dar bem a qualquer custo imperava e provocava desigualdades sociais catastróficas em 2015-2016.

A Matemática em geral ainda é estudada de forma bastante básica e mecânica no ensino fundamental, médio e superior brasileiro. Nota-se ainda um distanciamento relevante entre a teoria matemática e o uso de tópicos de Matemática para resolução de problemas da vida cotidiana, nos mais variados contextos sócio-econômicos. Entendemos que a Matemática deve estar inter- relacionada com a temática da Educação Financeira, por meio de projetos empreendidos nas escolas, ser ensinada por meio de situações-problema com temática ética, na medida em que, desde cedo, alfabetizemos matematicamente nossos aprendizes, promovendo em cada um deles a literacia econômica, desenvolvendo competências de análise de situações de cunho financeiro-econômicas com a utilização de conteúdos presentes na Matemática, enfatizando que os valores éticos devem permear as discussões e a tomada de decisão.

Inspirados em Aristóteles, cremos que, embora pertençamos a uma área técnica, as decisões éticas devem ser sempre priorizadas para que a felicidade humana seja conquistada, por meio do exercício do entendimento prático, que passa pelas virtudes (aretê), num domínio das paixões, e de uma relação amável e satisfatória com o mundo natural e social em que estamos integrados, em suma que consigamos interrelacionar, em nossas ações como indivíduos- consumidores, as virtudes intelectuais (dianoéticas) e as virtudes éticas (ou de caráter).

Neste projeto realizado os objetivos foram: (i) estudar tópicos de Matemática, de Educação Financeira e de Ética e suas potencialidades para tomada de decisão; (ii) promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática o desenvolvimento do senso crítico e da literacia financeiro-econômica; (iii) contribuir na formação de recursos humanos capacitados não só matematicamente, mas capacitados a exercitar ações de cidadania, por meio de orientações e práticas de iniciação científica; (iv) apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico que explicitem a importância de ações éticas para a leitura de situações cotidianas financeiras e tomadas de decisão.

A metodologia qualitativa utilizada foi a que usualmente utilizamos em nossos projetos de pesquisa em Matemática e Educação Matemática: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Educação Financeira, de Matemática e de Ética; (iii) criação de situações-problema de cunho financeiro- econômico com ; (iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática; (v) encontros periódicos com o grupo de pesquisa para discussões das investigações propostas nesse projeto.

Nossos resultados neste projeto foram: (i) aprimoramento do conhecimento de Matemática como instrumento para tomada de decisão e como conhecimento para que a Ética ampare esse conhecimento; (ii) realização de seminários científicos abertos à comunidade acadêmica; (iii) aprimoramento da escrita de textos científicos por meio da redação de relatórios de iniciação científica sobre o tema referido nesse projeto; (iv) publicação de um artigo científico em revista de divulgação científica da Educação Matemática; (v) apresentação de resultados em eventos científicos da Matemática e da Educação Matemática na UFJF e em outros contextos sociais e escolares.

1.4. PIBIC-CNPQ Educação Financeira na Educação de Jovens e Adultos (EJA)(2018-2019)

Este projeto estava em consonância com a rotina nos últimos anos do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) que investigou a Educação Financeira em suas várias vertentes no contexto nacional e internacional. Uma das ações do grupo foi o projeto intitulado “Ética, Educação Financeira e Tomadas de Decisão” do PIBIC/CNPq (2017-2018) no qual percebemos que para a gênese de um consumidor consciente e que utiliza a Matemática, para se educar financeiramente e tomar suas decisões, a instrumentação de conteúdos matemáticos básicos é/era relevante, bem como conhecer princípios norteadores para a organização financeira individual e familiar.

Contudo, percebemos que se o indivíduo-consumidor somente soubesse fazer as contas com juros, por exemplo, para tomar sua decisão, ou saber fazer uma planilha para equilibrar seu orçamento, entre outras ações, não se constituiria num consumidor reflexivo e responsável, caso o viés ético não participasse de suas decisões.

Alguns resultados do atual projeto nos revelaram que não podemos nos desvencilhar de que a Matemática é de suma relevância para a leitura do mundo econômico e para a tomada de decisão em situações de consumo, embora tais conteúdos ainda sejam muito desprezados, de acordo com nossas investigações. Inferimos que analisar de forma crítica uma situação que envolve dados numéricos, porcentagens, financiamentos, prazos, mensagens de propagandas, entender como se comporta o dinheiro e o fator tempo, com tópicos da Matemática Financeira, poderia auxiliar cada indivíduo-consumidor na sua interpretação e tomada de decisão.

Enfatizamos que a Matemática em geral ainda é estudada de forma bastante básica e mecânica no ensino fundamental, médio e superior brasileiro. Nota-se ainda um distanciamento relevante entre a teoria matemática e o uso de tópicos de Matemática para resolução de problemas da vida cotidiana, nos mais variados contextos socioeconômicos.

Entendemos que a Matemática deve estar interrelacionada com a temática da Educação Financeira, por meio de projetos empreendidos nas escolas, ser ensinada por meio de situações-problema com temática ética, na medida em que, desde cedo, alfabetizemos matematicamente nossos aprendizes, promovendo em cada um deles a literacia econômica, desenvolvendo competências de análise de situações de cunho financeiro-econômicas com a utilização de conteúdos presentes na Matemática, enfatizando que os valores éticos devem permear as discussões e a tomada de decisão.

Neste projeto, buscamos atender a um público que ainda não constava das propostas do MEC ou da BNCC, qual seja o público da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Entendemos, após pesquisar em outros projetos com jovens, que a Educação Financeira deveria estar sendo problematizada por meio de cenários para investigação também com o público da EJA. É público e notório o alto grau de endividamento de muitos indivíduos na faixa etária de 21 a 70 anos, em geral devido à incipiente educação financeira que tiveram. O desenvolvimento da literacia financeira é/era urgente no público jovem e adulto ainda tratado de forma inadequada pelos órgãos educacionais brasileiros.

Nesse sentido, o presente projeto buscou convidar o público da EJA a participar de ambientes de aprendizagem envolvendo tópicos da Educação Financeira, orçamento doméstico e organização individual com cenários atuais econômicos e formas de se tornar um

consumidor consciente e atuante em seu meio social. Salientamos que em tais ambientes foram problematizados não somente práticas matemáticas alinhavadas com e Educação Financeira, mas sobretudo discussões que buscaram aflorar a autonomia dos participantes e sua criticidade em cenários financeiro-econômicos contemporâneos.

Até então, o histórico de pesquisas e desenvolvimento de projetos do grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) ainda não tinha tido, nem tampouco no âmbito da UFJF. À época, desenvolvíamos um projeto de extensão sobre Educação Financeira, mas com adultos da comunidade de Juiz de Fora e região, porém ainda sem a participação de indivíduos de um curso escolar específico para a EJA. Entendemos que a inclusão social ocorre na medida em que todos os cidadãos se encontram alfabetizados não somente da linguagem materna e com conhecimentos de matemática escolar. Contudo inspirados em Paulo Freire cremos que além da linguagem materna e matemática, precisamos buscar a equidade e justiça social propiciando a cada cidadão ler, escrever, interpretar e ser crítico acerca de seu contexto social, político e econômico.

Os objetivos buscaram atender às necessidades da Educação de Jovens e Adultos (EJA):

(i) Estudar tópicos de Matemática Financeira, de Educação Financeira e de Orçamento Doméstico e suas potencialidades para tomada de decisão de jovens e adultos;

(ii) Promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática o desenvolvimento do senso crítico e da Literacia financeira;

(iii) Contribuir na formação de recursos humanos capacitados não só matematicamente, mas capacitados a exercitar ações de cidadania, por meio de orientações e práticas de iniciação científica;

(iv) Apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico destinados à EJA que explicitem a importância de práticas pedagógicas para a leitura de situações cotidianas financeiras e tomadas de decisão.

A metodologia ao longo do projeto foi:

(i) revisão bibliográfica;

(ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Educação Financeira, de Matemática, de Justiça Social e Inclusão e Orçamento doméstico;

(iii) criação de situações-problema/materiais pedagógicos de cunho financeiro-econômico voltadas para o contexto da EJA;

(iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática;

(v) encontros periódicos com o grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) para discussões das investigações propostas nesse projeto.

1.5. PIBIC-CNPQ Produção de materiais pedagógicos de educação financeira para deficientes visuais (2019)

O projeto buscou produzir materiais pedagógicos que pudessem promover a inclusão de estudantes do ensino fundamental e médio no contexto da Educação Financeira. A Educação Financeira foi instituída em 2007 pela Estratégia Nacional de Educação Financeira (ENEF) e estará presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2017) sendo disseminada transversalmente nas disciplinas escolares a partir de 2020. A partir de 2020, todos os ambientes escolares deverão problematizar temáticas ligadas à Educação Financeira de modo a promover o desenvolvimento de letramento financeiro nos estudantes (Financial Literacy).

Assim, a relevância de se investigar que tarefas eram mais apropriadas para os estudantes com deficiência visual se faz urgente para que os professores nas suas salas de aula de Matemática pudessem problematizar temas de cunho financeiro-econômicos com seus estudantes. Na atual sociedade líquida-moderna de consumo todos os públicos devem estar atentos ao cenário econômico e participando como consumidores de forma crítica (Bauman, 2008), além de se constituírem como cidadãos incluídos e respeitados.

O objetivo geral do projeto foi produzir materiais pedagógicos com temáticas financeiro-econômicas que promovam a alfabetização financeira, a criticidade e guiassem a tomada de decisão de estudantes com deficiência visual. Os objetivos específicos foram: (i) investigar que tarefas são apropriadas para promover a literacia financeira de estudantes com deficiência visual; (ii) inferir que temas são mais relevantes para os estudantes com deficiência visual no tocante à sua educação financeira; (iii) produzir materiais pedagógicos e sequências didáticas que promovam a literacia financeira e a aquisição de habilidades e competências matemáticas de cunho financeira.

Para a realização do projeto foram investigados os temas mais importantes para a alfabetização financeira de indivíduos com deficiência visual. Após essa investigação, foram produzidas sequências didáticas que buscassem promover o desenvolvimento de competências financeiras e promovam literacia financeira.

Para tal utilizamos a abordagem qualitativa de pesquisa com pesquisas bibliográficas relativas à Educação Financeira e Educação Inclusiva. Utilizamos também a Metodologia de Resolução de Problemas e Cenários para Investigação (Skovsmose, 2000) para a criação das atividades que buscassem incentivar ainda a investigação e a criticidade. Destacamos que os usos de tecnologias foram aproveitadas para a produção dos materiais pedagógicos, tecnologias que depois pudessem ser utilizadas pelos sujeitos deficientes auditivos em seu cotidiano econômico.

O principal resultado do projeto foi promover a inclusão de um grupo de estudantes cegos ou com baixa visão que ainda não tem materiais adequados para a obtenção de literacia financeira. Os livros didáticos atuais não possuem atividades com temáticas financeiras para a aprendizagem de deficientes auditivos. O projeto visou a produção de materiais pedagógicos que possam promover a inclusão de indivíduos-consumidores (Kistemann Jr., 2011) com deficiência visual. Nesse sentido, o impacto promoveu-se inclusão no contexto financeiro-econômico desses indivíduos, promoção de literacia financeira e aprimoramento da tomada de decisão dos mesmos e consolidação de sua identidade e cidadania.

1.6. PIBIC-CNPQ Produção de tarefas de educação financeira para deficientes auditivos 2019)

Nas ações do grupo de pesquisa Pesquisa de Ponta (UFJF), referência nacional e internacional em pesquisas com a temática da Educação Financeira, já tinha sido veiculado pesquisas que envolvem estudantes do ensino regular e educação de jovens e adultos. Contudo, havia uma urgente necessidade de criação de tarefas com temáticas financeiras que incluam os estudantes com deficiência auditiva do ensino fundamental 1, ensino fundamental 2 e ensino médio. Tal público ainda não tinha sido contemplado nas investigações que buscam estruturar atividades e tarefas de Educação Financeira e Educação para o consumo, havendo uma lacuna nas pesquisas que se dedicam à Educação Financeira Escolar.

Assim, a relevância de se investigar que tarefas eram mais apropriadas para os estudantes com deficiência auditivas se fazia urgente para que os professores nas suas salas de aula de Matemática pudessem problematizar temas de cunho financeiro-econômicos com seus estudantes.

O objetivo geral do projeto foi produzir tarefas com temáticas financeiro-econômicas que promovessem a alfabetização financeira, a criticidade e guiem a tomada de decisão de estudantes com deficiência auditiva. Os objetivos específicos foram: (i) investigar que tarefas são apropriadas para promover a literacia financeira de estudantes com deficiência auditiva;

(ii) inferir que temas são mais relevantes para os estudantes com deficiência auditiva no tocante à sua educação financeira; (iii) produzir materiais que promovam a literacia financeira e a aquisição de habilidades e competências matemáticas de cunho financeira (Matemática Financeira e Tomadas de Decisão).

Tal qual citado em 2.6, para a realização do projeto foram investigados os temas mais importantes para a alfabetização financeira de indivíduos com deficiência auditiva. Após essa investigação, foram produzidas sequências didáticas (Tarefas) que busquem promover o desenvolvimento de competências financeiras e promovam literacia financeira. Para tal utilizamos a abordagem qualitativa de pesquisa com pesquisas bibliográficas relativas à Educação Financeira e Educação Inclusiva. Utilizamos também a Metodologia de Resolução de Problemas e Cenários para Investigação (Skovsmose, 2000) para a criação das tarefas que buscam incentivar ainda a investigação e a criticidade.

1.7. PIBIC-CNPQ Produção de vídeos educativos com temáticas de Educação Financeira (2020)

O Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) tem desenvolvido desde 2011, na UFJF, ações de iniciação científica, orientações de pesquisa de mestrado e coorientações de pesquisa de doutorado. A temática central do grupo em suas ações de pesquisa têm sido a Educação Financeira em diversos contextos escolares e não escolares para a promoção da literacia financeira da população em geral.

A literacia financeira a que nos referimos é a possibilidade de promover as competências de cada indivíduo-consumidor (Kistemann Jr., 2011) para a leitura crítica de contextos econômicos em seu entorno para tomadas de decisão que promovam equilíbrio em seu orçamento doméstico e pessoal. Assim, cada indivíduo-consumidor provido de literacia financeira pode ler o mundo econômico que o cerca e escolher de forma autônoma que decisões tomará diante dos cenários de consumo.

Tal literacia ainda possibilita a cada indivíduo-consumidor se preparar para situações de emergências como a perda de renda de um dos entes da família que reduz o poder aquisitivo, precaver-se de cenários como pandemias, crises econômicas e desemprego. Nesse sentido, educando financeiramente os cidadãos por meio de diversos canais (materiais impressos e vídeos educativos) podemos reduzir o impacto na vida financeira de indivíduos-consumidores e famílias em período de recessão e pandemias, por exemplo.

Tem sido a trajetória do grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) em suas ações científicas (BIC-PIBIC-Seminários-Congressos-Artigos Científicos) e em projetos de extensão

universitária promover o acesso da população ao desenvolvimento de Literacia Financeira de modo a promover o cidadão no mundo econômico e que este atue de forma crítica e reflexiva, não ficando exposto às ações de bancos e instituições financeira que, em geral, podem comprometer a saúde financeira do indivíduo e de sua família.

Diante de tais ações pioneiras, no Brasil, do grupo Pesquisa de Ponta (UFJF), em 2018, entendemos que o acesso a informações e conhecimento científico têm uma maior alcance na população, quando também podemos utilizar além de materiais impressos, vídeos educativos com conteúdos científicos e que auxiliem a combater as "fake news". É importante destacarmos também a crescente economização da vida na atual sociedade líquido-moderna de consumo, com a crescente financeirização do cotidiano dos indivíduos-consumidores como apontado por Kistemann Jr. (2020).

Essa economização da vida de cada indivíduo-consumidor precisa, em consonância de divulgação, de conteúdos didáticos de cunho financeiro que promovam a autonomia de cada cidadão para a tomada de decisão diante de propostas de instituições financeiras. De acordo com Bauman (2008), vivenciamos uma sociedade de consumo fortemente marcada pelo consumo conspícuo, por compras por impulso e assédio constante dos bancos que desejam vender seus ativos financeiros (títulos de capitalização, empréstimos e seguros variados).

Tal assédio nem sempre vem acompanhado de ações de outros grupos de educadores para conscientizar a população da importância de se educar financeiramente para tomar decisões autônomas, e não decisões guiadas por orientações e demandas bancárias que favorecem o enriquecimento das instituições financeiras e batem as metas estabelecidas pelas mesmas.

Nesse sentido participamos na Unesp de Rio Claro (SP) do Festival de Vídeos Digitais e Educação Matemática em 2018, promovido pelo Grupo de Pesquisa em Informática, Outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM). Este grupo reconhecido nacional e internacionalmente por suas pesquisas têm se voltado desde 2017 para a produção de vídeos digitais na Educação Matemática. Pesquisas como as que foram desenvolvidas por Oechsler (2018), Oliveira (2018) e Fontes (2019) buscaram explorar as potencialidades educacionais dessa tecnologia digital em metodologias de ensino que destacam a produção de vídeos por parte dos alunos.

Além dessas atividades de pesquisa, o GPIMEM realiza ações educacionais, tais como minicursos, cursos de extensão universitária, nas quais a produção de vídeos é tematizada. Inspirados nas ações do GPIMEM e após participarmos do festival e a partir das

leituras das pesquisas citadas [(Oechsler (2018), Oliveira (2018) e Fontes (2019)], observamos a potencialidade dos vídeos em promover a Literacia Financeira, ao tratar temáticas como: (i) a importância de cultivar um planejamento financeiro; (ii) a urgência em se poupar para períodos de crise econômica, desemprego ou pandemias; (iii) planejamento do orçamento doméstico para evitar perdas de alimentos e reduzir gastos desnecessários; (iv) divulgação científica de cunho financeiro-econômica embasada em dados de pesquisas realizadas em universidades e em órgãos competentes; (v) orientar a população para as consequências devastadoras das "fake news" no que se refere a informações econômicas e temáticas em geral que podem influenciar na tomada de decisão dos indivíduos-consumidores.

Destacamos ainda que nos dias de hoje, de acordo com Borba e Canedo Júnior (2020) a possibilidade de produzir vídeos e áudios em formato digital, por meio de câmeras e gravadores de áudio, muitas vezes acoplados aos modernos aparelhos celulares (smartphones), popularizou a produção desses materiais fílmicos. Com a democratização do acesso a essas tecnologias, os softwares de edição de vídeos, antes restritos ao uso profissional, em razão das dificuldades operacionais e do custo elevado, hoje são de fácil manuseio e podem ser adquiridos ou acessados de forma gratuita, ou a preços acessíveis, a partir da internet, ou baixados, para usar uma terminologia ressonante com a cultura digital emergente (Moletta, 2019).

Dessa forma, diante do exposto propomos as ações desse projeto que será conduzido pelo grupo Pesquisa de Ponta (UFJF), amparado em suas pesquisas e nas pesquisas do GPIMEM sobre produção de vídeos, de modo a produzir vídeos educativos que possam ser acessados gratuitamente pela população. Ensejamos que estes vídeos possam promover o desenvolvimento de Literacia Financeira, na medida em que cada indivíduo-consumidor ao assistir o vídeo que apresentará conhecimento científico poderá rever seu comportamento como consumidor e modificar seus hábitos de consumo, tornando-os sustentáveis para a sua vida econômica e para a sustentabilidade do planeta como um todo.

Por fim, salientamos a relevância do projeto como já exposto, mas reforçando que o desenvolvimento de Literacia Financeira como a preconizada pelo Pesquisa de Ponta (UFJF), pode auxiliar significativamente cada indivíduo-consumidor e seus grupos sociais na medida em que promova o acesso a conhecimento científico, conhecimento indiscutível em tempos de crise econômica e pandemias para a tomada de decisão de cada cidadão.

O objetivo geral do projeto foi produzir vídeos educativos com temáticas de Educação Financeira de modo a promover o desenvolvimento de Literacia Financeira e auxiliar na

criticidade e tomadas de decisão da população. Os objetivos específicos são: (i) produzir roteiros para vídeos educativos; (ii) promover divulgação científica sobre a temática do projeto para a população; (iii) divulgar informações corretas e combater as "fake news"; (iv) educar a população por meio de vídeos educativos que promovam cidadania e literacia financeira; (v) divulgar de forma gratuita e ampla em várias plataformas, portais e mídias os vídeos produzidos; (vi) disponibilizar um canal gratuito para acesso de toda a comunidade escolar e sociedade em geral que possibilite o diálogo com essa população e que demandas elas necessitam e que podem se compor como temáticas de vídeos.

Como estratégia para a produção dos vídeos educativos foram utilizados softwares livres e que auxiliarão na composição dos vídeos, permitindo a inserção de imagens gratuitas e informações e conhecimento científico coletados nas pesquisas em sites oficiais de universidades e órgãos científicos de alta credibilidade. Foram lidos materiais e artigos científicos produzidos e selecionados a partir da realização de um estado da arte de Educação Financeira e Produção de Vídeos didáticos

Nesse sentido, a metodologia adotada foi de abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994), com a seleção de materiais científicos (papers, blogs de divulgação científica, sites de organizações científicas e universidades, podcasts de divulgação científica, artigos científicos e informações obtidas em revistas científicas renomadas nacional e internacionalmente). Para as ações do projeto ocorrerem, teremos procedimentos metodológicos como: (i) pesquisa bibliográfica e documental para selecionar materiais com a temática de Educação Financeira; (ii) investigar nos materiais de Educação Financeira as informações que podem compor os roteiros e as temáticas para a composição dos vídeos educativos; (iii) didatizar as informações para que as mesmas possam promover criticidade e reflexão na população; (iv) criar um instrumento avaliativo que nos auxilie a verificar a potencialidade dos vídeos produzidos.

Os resultados esperados desse projeto foram: (i) divulgação científica por meio de vídeos educativos para promover a Educação Financeira da população; (ii) promoção do desenvolvimento de literacia financeira para a tomada de decisão; (iii) capacitar os bolsistas para desenvolver materiais de divulgação científica que possam evitar a propagação de "fake news"; (iv) promover à população acesso aos conteúdos de Educação Financeira por meio de tecnologias móveis, facilitando a sua divulgação e democratizando o conhecimento científico; (v) despertar na população a criticidade e a cidadania; (vi) disponibilizar um canal que conterá todos os vídeos produzidos e que poderá ser amplamente acessado e utilizados em contextos escolares e não escolares para discussões científicas e promoção de literacia financeira.

Como produto resultante das ações investigativas do projeto, criamos um canal de divulgação científica para exposição gratuita dos vídeos produzidos. Este canal com livre acesso para a população assistir os vídeos educativos, bem como para que os interessados possam fazer o download dos vídeos e compartilharem em suas redes sociais. Salientamos também que esse canal foi e é utilizado por educadores em suas salas de aula buscando desenvolver, por mediação docente, a Literacia Financeira.

1.8. PIBIC-CNPQ Produção de vídeos educativos de Educação Financeira e Justiça Social (2021)

Com a incidência da Pandemia da Covid-19 ficaram evidentes as desigualdades sociais e econômicas que afetaram grande parte da população com um cenário global de exclusões e injustiças sociais provocadas por um desequilíbrio econômico e ainda baixa literacia financeira. Nesse sentido, educando financeiramente os cidadãos por meio de diversos canais (materiais impressos e vídeos educativos) podemos reduzir o impacto na vida financeira de indivíduos-consumidores e famílias em período de recessão e pandemias, por exemplo.

Destacamos que não é possível falar em desenvolvimento de uma sociedade considerando apenas o crescimento econômico. Nesse sentido, a noção de justiça social está atrelada à construção do que é chamado de Estado de Bem-Estar Social, isto é, um tipo de organização política que prevê que o Estado de uma nação deve prover meios de garantir seguridade social a todos os indivíduos sob a sua tutela, o que significa que o acesso a direitos básicos (saúde, educação, segurança pública) e as ações de seguridade social devem ser estendidos a todos os cidadãos.

Dessa forma, diante do exposto propomos as ações desse projeto que foi conduzido pelo grupo Pesquisa de Ponta (UFJF), amparado em suas pesquisas e nas pesquisas do GPIMEM sobre produção de vídeos, de modo a produzir vídeos educativos que pudessem ser acessados gratuitamente pela população. Ensejamos que estes vídeos promovessem o desenvolvimento de Literacia Financeira, na medida em que cada indivíduo-consumidor ao assistir o vídeo que apresentará conhecimento científico poderia rever seu comportamento como consumidor e modificar seus hábitos de consumo, tornando-os sustentáveis para a sua vida econômica e para a sustentabilidade do planeta como um todo.

Por fim, salientamos a relevância do projeto como já exposto, mas reforçando que o desenvolvimento de Literacia Financeira como a preconizada pelo Pesquisa de Ponta (UFJF), pode auxiliar significativamente cada indivíduo-consumidor e seus grupos sociais na medida

em que promova o acesso a conhecimento científico, conhecimento indiscutível em tempos de crise econômica e pandemias para a tomada de decisão de cada cidadão.

Assim, o objetivo geral do projeto foi produzir vídeos educativos com temáticas de Educação Financeira e Justiça Social de modo a promover o desenvolvimento de Literacia Financeira e Conscientização social, bem como auxiliar na criticidade e tomadas de decisão da população. Os objetivos específicos são: (i) produzir roteiros para vídeos educativos; (ii) promover divulgação científica sobre a temática do projeto para a população; (iii) divulgar informações corretas e combater as "fake news"; (iv) educar a população por meio de vídeos educativos que promovam cidadania e literacia financeira; (v) divulgar de forma gratuita e ampla em várias plataformas, portais e mídias os vídeos produzidos; (vi) disponibilizar um canal gratuito para acesso de toda a comunidade escolar e sociedade em geral que possibilite o diálogo com essa população e que demandas elas necessitam e que podem se compor como temáticas de vídeos.

Como estratégia para a produção dos vídeos educativos utilizamos como em 2.8, softwares livres que auxiliaram na composição dos vídeos, permitindo a inserção de imagens gratuitas e informações e conhecimento científico coletados nas pesquisas em sites oficiais de universidades e órgãos científicos de alta credibilidade. Também foram estudados materiais e artigos científicos produzidos e selecionados a partir da realização de um estado da arte de Educação Financeira e Justiça Social e Produção de Vídeos didáticos

Nesse sentido, a metodologia adotada foi análoga à citada em 2.8, com abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994), com a seleção de materiais científicos (papers, blogs de divulgação científica, sites de organizações científicas e universidades, podcasts de divulgação científica, artigos científicos e informações obtidas em revistas científicas renomadas nacional e internacionalmente). Para as ações do projeto ocorrerem, teremos procedimentos metodológicos como: (i) pesquisa bibliográfica e documental para selecionar materiais com a temática de Educação Financeira e Justiça Social; (ii) investigar nos materiais de Educação Financeira e Justiça Social as informações que podem compor os roteiros e as temáticas para a composição dos vídeos educativos; (iii) didatizar as informações para que as mesmas possam promover criticidade e reflexão na população; (iv) criar instrumentos avaliativos que nos auxiliem a verificar a potencialidade dos vídeos produzidos.

Os resultados esperados desse projeto foram: (i) divulgação científica por meio de vídeos educativos para promover a Educação Financeira e Conscientização da população; (ii) promoção do desenvolvimento de literacia financeira e saberes sobre justiça social e direitos do cidadão para a tomada de decisão; (iii) capacitar o bolsista para desenvolver materiais de

divulgação científica que possam evitar a propagação de “fake news”; (iv) promover à população acesso aos conteúdos de Educação Financeira e Justiça Social por meio de tecnologias móveis, facilitando a sua divulgação e democratizando o conhecimento científico; (v) despertar na população a criticidade e a cidadania; (vi) u t i l i z a r um canal de divulgação científica que conterá todos os vídeos produzidos e que poderá ser amplamente acessado e utilizados em contextos escolares e não escolares para discussões científicas e promoção de literacia financeira.

1.9. PIBIC-CNPQ Educação Financeira e o uso de Matemática Financeira para Tomadas de decisão (2022)

Não podemos nos desvencilhar de que, o uso de conteúdos de Matemática Financeira é de suma relevância para a leitura do mundo econômico e para a tomada de decisão em situações de consumo, embora tais conteúdos ainda sejam muito desprezados, de acordo com nossas investigações. Analisar de forma crítica uma situação que envolve dados numéricos, porcentagens, financiamentos, prazos, mensagens de propagandas, entender como se comporta o dinheiro e o fator tempo, com tópicos da Matemática Financeira, entendemos, pode auxiliar cada indivíduo-consumidor na sua interpretação e tomada de decisão.

As pesquisas na tese de doutorado de Kistemann Jr. (2011) revelaram a utilização da intuição e das quatro operações (adição, subtração, divisão e multiplicação) nas ações de consumo da população em geral. Há uma subutilização de entes matemáticos, de cunho financeiro, que poderiam auxiliar cada indivíduo-consumidor na sua tomada de decisão.

A Matemática Financeira ainda é estudada de forma bastante básica e mecânica no ensino fundamental e médio brasileiro. Em algumas universidades, em cursos de Matemática, tal disciplina é opcional e muito pouco apreciada e lecionada por muitos docentes. Já nos cursos de Administração, Contabilidade e Economia comprovamos que os alunos têm um breve contato com os conteúdos apresentados, mas nada distinto do ocorrido nos âmbitos escolares anteriores, marcados pela ênfase no uso de fórmulas prontas e em exercícios repetitivos, que pouco traduzem a realidade econômica do cotidiano de consumo, com taxas e índices defasados, situações artificiais e que pouco contribuem para o consumidor atuar utilizando-se dos conhecimentos apresentados na Matemática Financeira .

Nossas pesquisas desde 2011 publicadas e apresentadas em pesquisas de mestrado profissional têm revelado uma carência de materiais de Matemática Financeira que despertem a criticidade e transcendam o caráter instrumental inerente á Matemática e à Matemática Financeira. Dessa forma nos preocupamos e nos preocuparemos nesse projeto em produzir

também materiais que possam ser acessados de forma remora e digital e que promovam alfabetização financeira, aprendizagem matemática, convidem à conscientização e à tomada de decisão em contextos sociais e econômicos diversos com o uso das tecnologias remotas e digitais atuais e em uso durante a pandemia da Covid- 19.

O empoderamento dos estudantes e cidadãos com conteúdos de Matemática Financeira e Educação Financeira pode auxiliar na redução de desigualdades social e justiça social na medida em que os indivíduos possam tomar decisões embasadas em conteúdos científicos em tempos de pandemia e pós-pandemia. Nesse sentido, possibilitar a cada cidadão tomar suas decisões embasando-se na análise matemática das situações de consumo, com planejamento financeira, entendimento das regras de financiamentos e empréstimos ou aplicações financeiras poderá auxiliar a cada cidadão e família enfrentar as dificuldades em momentos como os que temos vivido com a pandemia da Covid-19.

Por fim, entendemos que a Educação Financeira brasileira pode ser empreendida nas escolas de forma remota e híbrida com o uso de tecnologias adequadas a períodos de pandemia e pós-pandemia, sendo problematizada por meio de situações-problema, na medida em que, desde cedo, alfabetizemos matematicamente nossos aprendizes, promovendo em cada um deles a literacia econômica, desenvolvendo competências de análise de situações de cunho financeiro-econômicas com a utilização de conteúdos presentes na Matemática Financeira.

Assim, os objetivos deste projeto foram: (i) estudar conteúdos da Matemática Financeira e Educação Financeira e suas potencialidades para tomada de decisão; (ii) promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática Financeira o desenvolvimento do senso crítico e da literacia financeiro-econômica; (iii) contribuir na formação de recursos humanos capacitados matematicamente, por meio de orientações e práticas de iniciação científica; (iv) apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico para a leitura de situações financeiras e tomadas de decisão em formatos digitais adequados a contexto remotos e híbridos.

A metodologia utilizada será a que usualmente utiliza-se em pesquisa em Matemática e Educação Matemática: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Matemática Financeira; (iii) criação de situações-problema de cunho financeiro-econômico com uso de mídias digitais; (iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática; (v) encontros periódicos remotos com o grupo de pesquisa Pesquisa de Ponta (UFJF)para discussões das investigações propostas nesse projeto.

Como resultados e os impactos esperados tivemos: (i) aprimoramento do conhecimento de Matemática Financeira como instrumento para tomada de decisão; (ii) realização de seminários científicos remotos em plataformas como o Meet e Zoom abertos à comunidade acadêmica; (iii) aprimoramento da escrita de textos científicos por meio da redação de relatórios de iniciação científica sobre o tema referido nesse projeto; (iv) publicação de um artigo científico em uma revista de divulgação científica da Educação Matemática; (v) apresentação de resultados em eventos científicos da Educação Matemática.

1.10 PIBIC-CNPQ Educação Financeira Crítica e Matemática para tomadas de decisão (2023)

A Matemática ainda é estudada de forma bastante básica e mecânica no ensino fundamental e médio brasileiro. Em algumas universidades, em cursos de Matemática, as disciplinas ainda são ensinadas sem o viés da criticidades com ênfase no uso de fórmulas prontas e em exercícios repetitivos, que pouco traduzem a realidade econômica do cotidiano de consumo, com taxas e índices defasados, situações artificiais e que pouco contribuem para o consumidor atuar utilizando-se dos conhecimentos apresentados na Matemática.

Nossas pesquisas desde 2011 publicadas e apresentadas em pesquisas de mestrado profissional têm revelado uma carência de materiais de Matemática Financeira que despertem a criticidade e transcendam o caráter instrumental inerente á Matemática e à Matemática Financeira. Dessa forma nos preocupamos e nos preocuparemos nesse projeto em produzir também materiais que possam ser acessados de forma remora e digital e que promovam alfabetização financeira, aprendizagem matemática, convidem à conscientização e à tomada de decisão em contextos sociais e econômicos diversos com o uso das tecnologias remotas e digitais atuais em contexto pós-pandemia da Covid- 19.

O empoderamento dos estudantes e cidadãos com conteúdos de Matemática Financeira e Educação Financeira pode auxiliar na redução de desigualdades social e justiça social na medida em que os indivíduos possam tomar decisões embasadas em conteúdos científicos em tempos de pandemia e pós-pandemia.

Nesse sentido, possibilitar a cada cidadão tomar suas decisões embasando-se na análise matemática das situações de consumo, com planejamento financeira, entendimento das regras de financiamentos e empréstimos ou aplicações financeiras poderá auxiliar a cada cidadão e família enfrentar as dificuldades em momentos como os que temos vivido com a pandemia da Covid-19.

Por fim, entendemos que a Educação Financeira Crítica, no contexto atual brasileiro, pode ser empreendida nas escolas de forma remota e híbrida com o uso de tecnologias adequadas a períodos de pós-pandemia, sendo problematizada por meio de situações-problema, na medida em que, desde cedo, alfabetizemos matematicamente nossos aprendizes, promovendo em cada um deles a literacia econômica, desenvolvendo competências de análise de situações de cunho financeiro-econômicas com a utilização de conteúdos presentes na Matemática.

Destacamos que havia à época um projeto de pesquisa registrado na Pró-Reitoria de Pesquisa, Educação Financeira sob a regência do grupo Pesquisa de Ponta (UFJF), cadastrado também no Cnpq. Além disso, as ações do projeto se alinham com as ações da Cátedra Sérgio Vieira de Melllo (CSVM) em que atuamos como coordenador e desenvolvemos ações de Educação Financeira para Refugiados em Juiz de Fora (MG). Por fim, destacamos que este projeto estava também em consonância com o Projeto de Extensão "Psicologia Econômica e Educação Financeira para a Qualidade de Vida e no Trabalho" em parcerias com a Faculdade de psicologia e Economia, projeto no qual eu atuava como vice- coordenador.

Os objetivos deste projeto foram: (i) estudar conteúdos da Matemática e Educação Financeira no viés crítico e suas potencialidades para tomadade decisão; (ii) promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática o desenvolvimento do senso crítico e da literacia financeiro-econômica; (iii) contribuir na formação de recursos humanos capacitados matematicamente, por meio de orientações e práticas de iniciação científica; (iv) apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico para a leitura de situações financeiras e tomadas de decisão em formatos digitais adequados a contexto remotos e híbridos.

A metodologia utilizada foi a que usualmente utiliza-se em pesquisa em Matemática e Educação Matemática: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Matemática; (iii) criação de situações-problema de cunho financeiro-econômico com uso de Mídias digitais; (iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática; (v) encontros periódicos remotos com o grupo de pesquisa Pesquisa de Ponta (UFJF) para discussões das investigações propostas nesse projeto.

Como resultados e impactos esperados tivemos: (i) aprimoramento do conhecimento de Matemática como instrumento para tomada de decisão; (ii) realização de seminários científicos remotos em plataformas como o Meet e Zoom abertos à comunidade acadêmica; (iii) aprimoramento da escrita de textos científicos por meio da redação de relatórios de iniciação científica sobre o tema referido nesse projeto; (iv) publicação de um artigo científico

em uma revista de divulgação científica da Educação Matemática ; (v) apresentação de resultados em eventos científicos da Educação Matemática.

1.11 PIBIC-CNPQ Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para a aprendizagem de Matemática Financeira (2024-02025)

Um dos grandes desafios para os professores, nos dias atuais, é desenvolver metodologias que instiguem nos estudantes o desejo de aprender de forma significativa. Nesse sentido, buscando a aprendizagem significativa fica a relevância de se proporcionar um ensino baseado em unidades de ensino potencialmente significativas. Tais unidades podem possibilitar a cada estudante aprender conteúdos matemáticos e regular o ritmo de sua aprendizagem, bem como proporcionar aos estudantes grupos de estudos com compartilhamento de conhecimentos produzidos de forma individual e colaborativa.

De acordo com Moreira (2011), as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) constituem-se como um importante recurso pedagógico-tecnológico composto com uma sequência de ensino direcionada à aprendizagem significativa de conceitos e tópicos específicos de conteúdos científicos. Nesse sentido, apoiamo-nos na proposta didático-pedagógico-metodológica de David Ausubel para propormos como produto a elaboração de UEPS com temáticas de Matemática Financeira.

As UEPS primam pela diversificação de estratégias de aprendizagem (vídeo aulas, sites, vídeos educativos, atividades experimentais, textos, livros, e-books, etc.) contribuindo para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e mentais dos estudantes, buscando propor a esses estudantes situações-problemas que lhes possibilitarão investigar e aprender conteúdos de forma significativa O potencial das UEPS residem no fato de que o professor-pesquisador pode problematizar, por meio das unidades de ensino, situações significativas com conteúdos matemáticos com a metodologia de resolução de problemas e modelagem matemática de situações envolvendo a Matemática Financeira para a tomada de decisões.

Tais UEPS podem subsidiar o ensino e a aprendizagem utilizando-se inclusive recursos tecnológicos que avaliem e orientem sobre a aprendizagem significativa dos estudantes. Cabe ainda ao professor reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes que auxiliarão para as construções de novos conhecimentos de cunho financeiro.

Por fim, as UEPS surgem como um suporte de ensino e aprendizagem significativa para que, a partir de tópicos essenciais em Matemática Financeira, ocorram por meio de uma diversidade de procedimentos metodológicos (mapas mentais, mapas conceituais, situações-problemas desafiadoras e que convidem à investigação, questionários e produção de vídeos).

Este projeto fez parte de um projeto macro cadastrado na Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPP-UFJF) com temáticas de Educação Financeira Crítica para tomadas de decisão. Também tem pontos de intersecção com ações desenvolvidas em parcerias de pesquisa e publicação com pesquisadores da PUC-SP.

Ressaltamos que a presente proposta de projeto ainda não havia sido desenvolvida no âmbito da UFJF e mostrou-se inédita na medida em que propôs o ensino direcionado para que ocorressem aprendizagens significativas de forma presencial ou remota abordando as UEPS com disciplinas como Matemática Financeira para licenciandos e bacharelandos em Matemática, bem como para a formação de profissionais das Ciências Contábeis, Administração e Economia.

Destacamos que a Matemática Financeira tem amplo potencial para auxiliar na modelagem de problemas financeiro-econômicos e pode auxiliar na tomada de decisões de consumidores. Em um levantamento na literatura nacional e no Portal Capes constatamos que essas opções estratégicas e pedagógicas de uso das UEPS, de forma remota, não têm sido utilizada pelos professores universitários, o que por si só já torna relevante e urgente o atual projeto.

No caso do projeto as UEPS seriam disponibilizadas num blog ou site a ser desenvolvido no decorrer do projeto que permitisse o acesso remoto e a interação pesquisador-professor com os estudantes. Esse ambiente virtual de aprendizagem a ser desenvolvido para as ações do projeto buscará, inclusive, investigar por meio de instrumentos online, os conhecimentos prévios dos estudantes de modo que as UEPS possam estar reguladas para que as aprendizagens significativas ocorram e sejam bem avaliadas.

Na UFJF, desde 2016, temos desenvolvido cursos de extensão que têm como um dos objetivos desenvolver o conceito de Empreendedorismo e Educação Financeira. Nestes cursos, temos proposto formas inovadoras de se fazer e aprender sobre. No caso da atual proposta de projeto, o produto final do projeto será um UEPS disponibilizadas online e periodicamente atualizadas para acesso dos estudantes cadastrados gratuitamente.

O pioneirismo dessa proposta residiu numa oportunidade de aproximação dentro da UFJF de um estreitamento em Universidade-Empresa ou Universidade-Empresa-Jr. de modo a criar UEPS que favoreçam a aprendizagem significativa, qualidade e promova a inclusão social, digital e cognitiva dos participantes. Além disso, a proposta pode auxiliar no Departamento de Matemática na medida em que produzirá materiais que poderão ser problematizamos na disciplina de Matemática Financeira.

Como cronograma de atividades híbridas tivemos: (i) 1º Trimestre: Capacitação do bolsista sobre as UEPS e a fundamentação teórica que as sustentam; Inauguração do ambiente virtual (Blog ou site); Produção de materiais introdutórios das UEPS com temáticas de Matemática Financeira e Sondagem dos conhecimentos prévios dos estudantes (ii) 2º Trimestre: Produção de materiais aprofundados das UEPS com temáticas de Matemática Financeira; Abastecimento do ambiente virtual com materiais e tarefas; Aperfeiçoamento do ambiente virtual com correções de falhas; 3º Trimestre: Produção de materiais aprofundados das UEPS com temáticas de Matemática Financeira; Abastecimento do ambiente virtual com materiais e tarefas; Avaliação do andamento das ações e regulação das mesmas; 4º Trimestre: Produção de materiais aprofundados das UEPS com temáticas de Matemática Financeira; Abastecimento do ambiente virtual com materiais e tarefas; Confecção de um produto educacional consolidado com um banco de dados com materiais pedagógicos a serem disponibilizados aos estudantes; Escrita de um artigo científico/capítulo relatando a experiência efetivada nesse projeto.

Como objetivos do projeto executado tivemos: (i) estudar conteúdos da Matemática Financeira e Educação Financeira e suas potencialidades para tomada de decisão; (ii) promover por meio do estudo de conteúdos da Matemática Financeira o desenvolvimento do senso crítico e da literacia financeiro-econômica; (iii) contribuir na formação de recursos humanos capacitados matematicamente, por meio de orientações e práticas de iniciação científica; (iv) apresentar resultados e materiais de cunho financeiro-econômico para a leitura de situações financeiras e tomadas de decisão em formatos digitais adequados a contextos híbridos.

A metodologia de abordagem qualitativa utilizada foi a que usualmente utiliza- se em pesquisa em Matemática e Educação Matemática: (i) revisão bibliográfica; (ii) estudos sistematizados de conteúdos essenciais da Matemática Financeira; (iii) criação de situações-problema de cunho financeiro- econômico com uso de mídias digitais; (iv) participação e apresentação de resultados em seminários de pesquisa e congressos da Educação Matemática; (v) encontros periódicos com o grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) para discussões das investigações propostas nesse projeto.

2. À guisa de uma conclusão

Neste capítulo apresentamos a trajetória de pesquisadores em 10 anos de pesquisas de IC com temática de Educação Financeira, Matemática Financeira e tomadas de decisão em diversos cenários e com uma diversidade de sujeitos.

Em um próximo capítulo, pretendemos usar a mesma estratégia para apresentar aos leitores as ações dos pesquisadores do Grupo Pesquisa de Ponta (UFJF) em ações de extensão universitária na UFJF. Ficam nosso agradecimento à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFJF pelo apoio, ao longo desses 10 anos, de pesquisas com bolsas e produção de conhecimentos científicos legítimos.

Referências

Bauman, Z. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadorias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar,2008.

Bogdan, R.; Biklen, S. **Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas.** In: Investigação qualitativa em educação. Portugal: Porto Editora,1994.

Borba, M. C.; Canedo JR. N. R. **Modelagem Matemática com Produção de Vídeos Digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório**. Com a Palavra, O Professor, 5(11), 171-198, 2020.

Domingues, N. S. **O papel do vídeo nas aulas multimodais de matemática aplicada: uma análise do ponto de vista dos alunos.**128f. Dissertação (mestrado em educação matemática) - instituto de geociências e ciências exatas, universidade estadual paulista, rio claro, 2014.

Fontes, B. C. **Vídeo, comunicação e educação matemática: um olhar para a produção dos licenciandos em matemática da educação a distância**. 191p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp-Rio Claro-SP, 2019.

Kistemann Jr., M. A. **Economização, capital humano e literacia Financeira na ótica instrumental da OCDE e da ENEF In: Educação Financeira no contexto da Educação Matemática**: pesquisa e reflexões.1ª edição.Taubaté: Akademy, 2020, v.01, p. 15-50.

Kistemann Jr., M. A. **Sobre a produção de significados e a tomada de decisão de indivíduos consumidores.** Tese (Doutorado em Educação Matemática), 301p. Unesp-Rio Claro-SP, 2011.

Moletta, A. **Você na tela: criação audiovisual para a internet**. São Paulo: Summus, 2019.

Moreira, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

Oechsler, V. **Comunicação multimodal: produção de vídeos em aulas de matemática**. 2018. 311f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas,Unesp-Rio Claro-SP), 2018.

Oliveira, L. P. F. **Paulo Freire e produção de vídeos em educação matemática: uma experiência nos anos finais do ensino fundamental**.107f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp-Rio Claro-SP, 2018.

Akademy
EDITORA