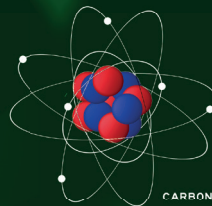
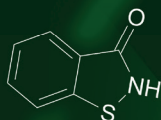


Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade
Keila Machado de Medeiros
Midian Jesus de Souza Marins
(Orgs.)



Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis

REITOR

Fábio Josué Souza dos Santos

VICE-REITOR

José Pereira Mascarenhas Bisneto

SUPERINTENDENTE

Rosineide Pereira Mubarack Garcia

CONSELHO EDITORIAL

Leila Damiana Almeida dos Santos Souza

Leilane Silveira D'Ávila

Luciana da Cruz Brito

Maurício Ferreira da Silva

Paula Hayasi Pinho

Paulo Henrique Ribeiro do Nascimento

Rafael dos Reis Ferreira

Rosineide Pereira Mubarack Garcia (Presidente)

Rubens da Cunha

SUPLENTES

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Marcílio Delan Baliza Fernandes

Tatiana Polliana Pinto de Lima

COMITÊ CIENTÍFICO

(Referente ao Edital n.º 001/2020 EDUFRB – Coleção Sucesso Acadêmico na Graduação da UFRB)

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade

Keila Machado de Medeiros

Midian Jesus de Souza Marins

EDITORA FILIADA À



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade
Keila Machado de Medeiros
Midian Jesus de Souza Marins
(Orgs.)

Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis



Editora UFRB
Cruz das Almas - Bahia
2022

Copyright©2022 by Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade,
Keila Machado de Medeiros e Midian Jesus de Souza Marins

Direitos para esta edição cedidos à EDUFRB.

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica
Antonio Vagno Santana Cardoso

Revisão e normatização técnica
Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade

A reprodução não-autorizada desta publicação, por qualquer meio
seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

P912 Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis / Organizadoras:
Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade, Keila Machado
de Medeiros e Midian Jesus de Souza Marins... Cruz das
Almas, BA: EDUFRB, 2022.
144p.; il.

Este livro eletrônico é parte da Coleção Sucesso Acadêmico
na Graduação da UFRB. Vol. XXXII.

ISBN: 978-65-88622-39-1

1.Inovações tecnológicas – Sustentabilidade. 2.Tecnologia –
Desenvolvimento sustentável – Análise. I.Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciência e Tecnologia em Energia
e Sustentabilidade. II.Andrade, Carolina Izabella Aparecida
Ribeiro. III.Medeiros, Keila Machado de. VI.Marins, Midian Jesus
de Souza. V.Título.

CDD: 303.483

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB. Responsável
pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).

Livro publicado em 28 de novembro de 2022.



Editora UFRB

Rua Rui Barbosa, 710 – Centro

44380-000 Cruz das Almas – Bahia/Brasil

Tel.: (75) 3621-7672

editora@reitoria.ufrb.edu.br

www.ufrb.edu.br/editora

Sumário

Prefácio

Susana Couto Pimentel 9

Apresentação

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade,
Keila Machado de Medeiros, Midian Jesus de Souza Marins 15

O projeto interdisciplinar, a pesquisa e a sustentabilidade

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade 19

Sustentabilidade social: acessibilidade linguística para surdos

Clenilton de Sousa Alves, Elias Marques Machado,
Itamara Ferreira Gonçalves dos Santos, Samara Rebecka Pita,
Maciel Midian Jesus de Souza Marins 39

Aplicações sociais sustentáveis de polímeros termoplásticos

Fabiane de Oliveira Santana, Heloisa Barbara Rozario Azevedo,
Caio Cezar Neves Kunrath, Menilde Araújo Silva Bião,
Franco Dani Rico Amado, Bruno Souza Fernandes 53

Técnicas de caracterização no desenvolvimento de produtos sustentáveis

Joyce Batista Azevedo, Matheus Vinicius Falcão Moreira,
Lorrane Carneiro Laranjeira Silva, Pollyana da Silva Melo Cardoso ... 69

O uso de resíduos de fibras sintéticas poliméricas

Fabiane de Oliveira Santana, Joyce Mara Brito Maia,
Matheus Vinicius Falcão Moreira, Brenda Melo Ferreira,
Carlos Antônio Pereira de Lima, Keila Machado de Medeiros 87

Redução do consumo de energia elétrica no CETENS

Francis Valter Pêpe França, Juliana Souza de Jesus Silva,
Clenilton de Sousa Alves 105

O uso da tecnologia sustentável na detecção de falhas

Maurício Chagas de Menezes Júnior, Cristiane Agra Pimentel123

Autores 141

Prefácio

Susana Couto Pimentel¹

Ao ser convidada para prefaciar este livro, que reúne trabalhos produzidos no Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade (BES), fui tomada de grande emoção por fazer parte da história desse curso, desde a participação em discussões articuladas pela comissão que elaborou o Projeto Pedagógico de Curso, até a implantação e acompanhamento do mesmo, como docente e, posteriormente, como diretora do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, durante o processo de reconhecimento pelo Ministério da Educação e das primeiras formaturas.

O Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade foi concebido como uma proposta inovadora na educação superior e constitui-se no primeiro ciclo de cursos da área de Engenharia, trazendo como diferencial a proposta formativa interdisciplinar e humanística dos futuros egressos.

Dentre as possibilidades formativas do BES destaco assegurar ao estudante o conhecimento de quatro áreas diferentes da engenharia (Energias, Materiais, Produção e Tecnologia Assistiva e Acessibilidade), possibilitando construir um itinerário formativo que lhe dá condições de realizar a sua opção pelo curso de segundo ciclo, caso assim o queira², de modo mais consciente da opção feita.

¹ Doutora em Educação pela Universidade Federal da Bahia (2007), mestrado em Educação Especial pela Universidade Estadual de Feira de Santana/BA em convênio com o Centro de Referência Latino-Americano para Educação Especial/Cuba (2002). Graduação em Pedagogia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (1995) e Graduação em Serviço Social pela Universidade Católica de Salvador (1988). Atualmente é professora associada da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

² Ao concluir o BES o egresso pode optar por continuar os estudos em curso de Engenharia no segundo ciclo; ingressar no mercado de trabalho ou realizar cursos de pós-graduação.

Outro destaque importante na formação proporcionada pelo BES é a ênfase ao desenvolvimento de atividades de pesquisa e produção do conhecimento. A partir do segundo semestre do curso os estudantes vivenciam, por quatro semestres, componentes curriculares, denominados “Projeto Interdisciplinar”, que possibilitam a experiência com a realização de pesquisas, culminando na apresentação das produções para uma banca avaliadora constituída por docentes do curso. Dentre os princípios norteadores do BES cabe destacar alguns que considero fundamentais, por guardar uma profunda relação com os trabalhos realizados e aqui compilados em forma de capítulos:

(i) busca da interdisciplinaridade por compreender que o conhecimento de uma determinada área é apenas parte do contexto onde está inserida aquela realidade; (ii) construção de um referencial ético que una valores individuais aos relacionais e coletivos, buscando o bem comum; (iii) incentivo a autonomia para aprender, buscando inserir o sujeito aprendiz na construção de suas próprias soluções perante o contexto que lhes é apresentado; (iv) interação de saberes teórico-práticos ao longo do curso é um preceito que visa estabelecer relação intrínseca entre os núcleos de conhecimentos (básicos, profissionais e específicos); (v) visão ampla e integrada dos conhecimentos e habilidades profissionais, capacitando os discentes para continuar estudos de segundo ciclo (PPC BES-Currículo Reformulado³).

Tais princípios convertem a educação de uma experiência individual para uma experiência coletiva e solidária, mostrando que é possível reencantar a educação superior. Compreender a realidade como interdisciplinar e, a partir dessa compreensão, proporcionar uma formação focada na construção de soluções para problemas do contexto, visando ao bem comum e a articulação teoria-prática, faz

³ Disponível em <https://www.ufrb.edu.br/CETENS/documentos/category/18-bacharelado-interdisciplinar-em-energia-e-sustentabilidade>.

do BES um curso social e ambientalmente referenciado e com grande potencial de formação de profissionais-cidadãos, engajados e comprometidos com a transformação da sociedade.

Com objetivo de socializar experiências de aprendizagem realizadas no BES, este livro reúne escritos acerca de temáticas de diferentes campos do saber, mas todos com a temática transversal “sustentabilidade”.

O primeiro capítulo, intitulado *O Projeto Interdisciplinar, a Pesquisa e a Sustentabilidade*, escrito por Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade, relata o resultado obtido com os discentes no processo metodológico de ensino e aprendizagem desenvolvido na disciplina Projeto Interdisciplinar I. A experiência vivenciada possibilitou a realização de trabalhos sustentáveis, inovadores e criativos, realizados a partir de pesquisa e embasamento científico, contribuindo com o desenvolvimento da capacidade de análise crítica, reflexiva, comunicação e argumentação.

O segundo capítulo intitulado *Sustentabilidade Social: Acessibilidade Linguística para Surdos*, traz o relato da produção de um aplicativo desenvolvido no componente obrigatório Libras com objetivo de promover a acessibilidade de pessoas usuárias da Língua Brasileira de Sinais (Libras) na sua comunicação cotidiana. Embora a Libras seja reconhecida pela Lei federal nº 10.436/2002, as pessoas surdas usuárias dessa língua enfrentam barreiras comunicacionais pelo fato de que tal língua ainda não é amplamente difundida e conhecida entre os ouvintes. Nesses casos, o intérprete de Libras possibilita essa comunicação, porém os surdos não encontram esse apoio em todos os lugares. Assim, a construção de um aplicativo acessível, que facilite a comunicação entre surdos e ouvintes, tem uma grande relevância social tanto para a comunicação dos surdos quanto na disseminação da língua de sinais. Esse capítulo foi construído por Elias Marques Machado, Cle-

nilton de Sousa Alves, Itamara Ferreira Gonçalves dos Santos, Samara Rebeka Pita Maciel e Midian Jesus de Souza Marins.

O terceiro capítulo, intitulado *Aplicações Sociais Sustentáveis de Polímeros Termoplásticos* foi desenvolvido em colaboração pelos autores Fabiane de Oliveira Santana; Heloisa Barbara Rozário Azevedo; Caio Cezar Neves Kunrath; Menilde Araújo Silva Bião; Franco Dani Rico Amado e Bruno Souza Fernandes. O objetivo desse trabalho foi comparar as propriedades mecânicas de duas órteses do tipo suropodálica confeccionadas com polipropileno (PP) e policloreto de vinila (PVC). Tal objetivo coloca em relevo esse trabalho de cunho social e econômico, tendo em vista que, por ser termo moldável e de baixo custo, o PP é o material polimérico mais utilizado na confecção de órteses de membros inferiores, utilizadas por pessoas que apresentam disfunções musculoesqueléticas e do movimento.

O quarto capítulo tem como título *Técnicas de Caracterização no Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis*, é resultado do trabalho realizado por Matheus Vinicius Falcão Moreira, Lorrane Carneiro Laranjeira Silva, Joyce Batista Azevedo e Pollyana da Silva Melo Cardoso. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade e o desempenho da fibra natural de sisal e da sintética de poli tereftalato de etileno (PET), visando à obtenção de compósitos com aplicações industriais. Vale destacar que as fibras naturais e sintéticas, utilizadas em materiais compósitos poliméricos, tem tido grande aceitação, principalmente pelo caráter sustentável, o que demonstra o potencial do estudo realizado.

Na sequência o capítulo cinco, *O Uso dos Resíduos de Fibras Sintéticas Poliméricas*, tem a autoria de Fabiane de Oliveira Santana; Joyce Mara Brito Maia; Matheus Vinicius Falcão Moreira; Brenda Melo Ferreira; Carlos Antônio Pereira de Lima e Keila Machado de Medeiros. O importante estudo realizado objetivou utilizar fibras sintéticas de

poliamida, descartadas pela indústria, na obtenção de membranas. A partir da técnica de inversão de fases foi possível obter membranas planas para aplicação em processos de microfiltração, responsável pelo tratamento da água, o que acentua a importância do estudo realizado.

Na sequência, o capítulo seis intitula-se *Redução do Consumo de Energia Elétrica no CETENS*, de autoria de Francis Valter Pêpe França, Juliana Souza de Jesus Silva e Clenilton de Sousa Alves, traz também o relato de um trabalho desenvolvido no componente curricular Projeto Interdisciplinar, que teve como objetivo avaliar a adoção de novas tecnologias para a redução do consumo de energia elétrica no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os resultados deste trabalho apontaram para a viabilidade da implantação de novas tecnologias, a exemplo de placas fotovoltaicas, iluminação usando LED e condicionadores de ar do tipo inverter, em função da significativa redução dos gastos.

Por fim, *O Uso da Tecnologia Sustentável na Detecção de Falhas* é o título do quinto capítulo de autoria de Maurício Chagas de Menezes Júnior e Cristiane Agra Pimentel. Este trabalho, realizado no componente curricular Projeto Interdisciplinar, objetivou oferecer uma visão geral do desenvolvimento de um software de visão computacional estruturado para a detecção de falhas por degradação, destacando as limitações e possíveis melhorias. Cabe sublinhar a relevância desse trabalho, tendo em vista que os sistemas de visão computacional, quando associados ao aprendizado de máquina (Machine Learning - ML), são especialmente úteis para as áreas de inspeção visual dos materiais e suas estruturas, principalmente em áreas remotas e com risco eminente de acidentes.

Certamente a leitura desses capítulos, além de conhecimentos diversos e significativos, trará ao leitor a forte convicção de que cursos inovadores, assentados no princípio da interdisciplinaridade e do exercício da pesquisa aplicado à resolução de problemas do cotidiano, formam profissionais diferenciados e com uma visão mais alargada de sua responsabilidade social, possibilitando uma aprendizagem cidadã, conforme preconiza Morin (2008).

Concluo parabenizando aos professores, discentes e gestores do Colegiado do Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade pelo trabalho que tem sido realizado e que culminou com este compêndio ora apresentado!

Desejo aos leitores uma excelente leitura de cada capítulo e a imersão num estado de aprendizagem para degustação dos saberes aqui socializados!!!

Feira de Santana, inverno de 2020
(época da pandemia do Cononavírus).

Apresentação

*Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade
Keila Machado de Medeiros
Midian Jesus de Souza Marins*

O livro intitulado “Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis” é a contribuição de uma equipe multidisciplinar constituída por profissionais das áreas: Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Engenharia de Materiais, Engenharia de Produção, Engenharia de Energia, Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, Libras, Matemática, Computação, entre outras. O livro foi dividido em sete capítulos, os quais estão diretamente relacionados a projetos de Ensino, Pesquisa ou Extensão com foco nas dimensões da sustentabilidade, desenvolvidos no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade - CETENS da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. A seguir, é apresentada a sequência e os principais aspectos a serem tratados em cada um dos capítulos.

O Capítulo 1, *O projeto interdisciplinar, a pesquisa e a sustentabilidade*, relata o estudo desenvolvido com os discentes no processo metodológico de ensino e aprendizagem desta disciplina, com o desenvolvimento de trabalhos inovadores e criativos, destacando uma evolução por parte dos discentes no que diz respeito à análise crítica reflexiva, comunicação e argumentação, além de facilitar a realização de pesquisas futuras por parte dos acadêmicos. Este capítulo traz o ensino, pesquisa e extensão com a pegada do desenvolvimento sustentável.

No Capítulo 2, *Sustentabilidade social: acessibilidade linguística para surdos*, são abordados instrumentos de acessibilidade com características que facilite a comunicação entre surdos e ouvintes,

auxiliando o surdo na comunicação cotidiana, além de demonstrar a importância da Libras para a comunicação dos surdos, popularizando desta forma, o acesso a língua de sinais.

No Capítulo 3, *Aplicações sociais sustentáveis de polímeros termoplásticos*, são abordadas as propriedades mecânicas de duas órteses do tipo suropodálica confeccionadas com o polipropileno e polícloreto de vinila por serem termo moldável e de baixo custo, são os materiais mais utilizados na produção de órteses de membros inferiores para as pessoas que apresentam disfunções musculoesqueléticas.

O Capítulo 2 e o Capítulo 3 tem forte ligação com a dimensão social da sustentabilidade, conforme citado nos títulos, uma vez que expõe a questão de solucionar ou minimizar algumas necessidades humanas, de forma a trazer conforto e qualidade de vida ao seu público-alvo.

O Capítulo 4, *Técnicas de caracterização no desenvolvimento de produtos sustentáveis*, discute o interesse pelo uso e aplicação de fibras sustentáveis em materiais compósitos poliméricos, por utilizar materiais ecológicos e que causem menor impacto ao meio ambiente.

No Capítulo 5, *O uso dos resíduos de fibras sintéticas poliméricas*, é discutido o uso de fibras sintéticas de poliamida descartadas pela indústria na obtenção de membranas micro filtrantes de compostos orgânico/inorgânico por meio da técnica de inversão de fases, para aplicação no tratamento de águas e efluentes líquidos.

A dimensão ambiental da sustentabilidade, por mais que esteja intrínseca em todos os capítulos, tem destaque no capítulo 4 e no capítulo 5, uma vez que busca através da pesquisa o desenvolvimento de novos materiais que reduzam o impacto ambiental preservando assim o meio ambiente.

No Capítulo 6, *Redução do consumo de energia elétrica no CETENS*, avaliou a implantação de tecnologias que envolvem a adoção de placas fotovoltaicas, iluminação usando LED e condicionadores de

ar do tipo *inverter*, tanto no espaço atual, quanto nas instalações permanentes do local, apontando o período de retorno do investimento, a viabilidade, bem como a redução dos gastos e de consumo de energia elétrica.

Capítulo 7, *O uso da tecnologia sustentável na detecção de falhas*, apresenta uma associação dos sistemas de visão computacional ao aprendizado de máquina, para aplicação nas áreas de inspeção visual dos materiais e suas estruturas, principalmente em áreas remotas com espaço e risco eminente de acidentes.

Temos nos capítulos 6 e 7 a forte ligação com a dimensão econômica da sustentabilidade, isso se dá através do uso de tecnologias sustentáveis, que visem um ganho econômico com foco na melhoria da qualidade de vida das pessoas.

É importante destacar que todas as pesquisas aqui apresentadas foram desenvolvidas no ano de 2019 pelos alunos do Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, vinculado a alguma disciplina da grade curricular do curso. Exceto o capítulo 5, este foi desenvolvido por alunos que já concluíram o BES e se encontravam cursando o segundo ciclo, no caso específico, a disciplina de Tecnologia de Membranas, em Engenharia de Materiais do CETENS/UFRB.

Portanto, é com grande satisfação que apresentamos este livro como fruto do esforço e do trabalho empreendido pelos colaboradores e pelo corpo docente e discente que fazem parte do CETENS/UFRB.

O projeto interdisciplinar, a pesquisa e a sustentabilidade

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade

Introdução

O curso de Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, segundo o Projeto Pedagógico do Curso, tem “um caráter inovador, aliando uma formação em ciências exatas sólidas, com uma ênfase humanística, ética e comprometida com a sociedade, possibilitando uma visão mais ampla para o egresso, possibilitando-o identificar, discutir e propor soluções sustentáveis para problemas atuais em energia”. (falta ano e página).

Segundo Francischett (2005), trabalhar em sala com a interdisciplinaridade, é um caminho amplo, permitindo transitar por ele de vários modos, inclusive aprendendo e ensinando, porém, é necessário que o docente se permita ser interdisciplinar, com espírito interdisciplinar de forma autônoma.

Sabendo da importância de despertar o discente pesquisador, este capítulo tem como objetivo, relatar o resultado obtido com os discentes, no processo metodológico de ensino e aprendizagem desenvolvido na disciplina Projeto Interdisciplinar I do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, no segundo semestre do ano de 2019.

Sustentabilidade

O termo sustentabilidade tem ganhado ao longo dos anos cada vez mais destaque em todo o mundo, isso se deve aos problemas ambientais que vem causando impactos graves no planeta.

A situação atual se encontra, social e ecologicamente, tão degradada que a continuidade da forma de habitar a Terra, de produzir, de distribuir e de consumir, desenvolvida nos últimos séculos, não nos oferece condições de salvar a nossa civilização e, talvez até, a própria espécie humana; daí que imperiosamente se impõe um novo começo, com novos conceitos, novas visões e novos sonhos, não excluídos os instrumentos científicos e técnicos indispensáveis; trata-se sem mais nem menos, de refundar o pacto social entre os humanos e o pacto natural com a natureza e a Mãe Terra (BOFF, 2012, p. 15).

Segundo o mesmo autor, o termo sustentabilidade significa:

[...] o conjunto dos processos e ações que se destinam a manter a vitalidade e a integridade da Mãe Terra, a preservação dos seus ecossistemas com todos os elementos físicos, químicos e ecológicos que possibilitam a existência e a reprodução da vida, o atendimento das necessidades da presente e das futuras gerações, e a continuidade, a expansão e a realização das potencialidades da civilização humana em suas várias expressões (BOFF, 2012, p. 14).

A Sustentabilidade trata aspectos que envolvem três dimensões fundamentais: aspectos ambientais, aspectos econômicos e aspectos sociais. Juntos formam o tripé que sustenta o conceito de sustentabilidade. A dimensão ambiental da sustentabilidade busca a preservação do meio ambiente de forma transindividual, assegurando a criação de condições que tornem viável a vida no planeta (ANJOS; UBALDO, 2015; PÓVOAS, 2015). A sustentabilidade do ponto de vista econômico tem o foco na alocação e gestão de forma mais econômica e eficiente dos recursos, buscando um fluxo regular do investimento, e assim buscar a preservação destes recursos de forma a preservar e garantir que as gerações presentes e futuras tenham condições ideais para sua sobrevivência (SACHS, 1993; ANJOS; UBALDO, 2015). E por fim, temos a dimensão social da sustentabilidade, que atua na proteção da diversidade cultural, garantia do exercício pleno dos direitos humanos e combate

à exclusão social, construindo uma civilização do “ser” maior do que o “ter” e melhorando os direitos de todos (PÓVOAS, 2015; SACHS, 1993).

Assim, observamos que a sustentabilidade se faz presente em todas as áreas, permitindo não só a análise, mas também a aplicação de pequenas atitudes, pesquisas, e projetos que busquem a preservação e recuperação do meio ambiente, o desenvolvimento como um todo e uma melhor qualidade para se viver.

Projeto interdisciplinar

O projeto interdisciplinar trabalha metodologias que envolvem os discentes de forma a motivá-los na procura de soluções para os problemas encontrados no processo de ensino e aprendizagem durante o desenvolvimento do projeto. Em um projeto interdisciplinar é fundamental a relação entre as pessoas, os objetos e a natureza da pesquisa, e favorece o diálogo entre os componentes curriculares para contribuir com uma aprendizagem mais produtiva para a construção da autonomia intelectual dos discentes (EVANGELISTA, COLARES e FERREIRA, 2009; PERRENOUD, 2002).

Os projetos interdisciplinares desenvolvidos em sala de aula auxiliam no desenvolvimento dos discentes em vários quesitos importantes, como o trabalho em equipe, a comunicação, o pensamento crítico e reflexivo em relação às suas necessidades frente ao processo de ensino e aprendizagem.

A maneira de se fazer o projeto pode ser fruto de uma aprendizagem coletiva, através da troca de experiências e de uma reflexão crítica e solidária sobre as diferentes práticas. É preciso compreender onde é que o grupo está e quais suas necessidades (VASCONCELOS, 2005, p.75).

Ainda segundo o mesmo autor, o processo de planejamento das fases do Projeto Interdisciplinar é aconselhável que os discentes

construam a proposta do roteiro junto com o docente, propondo ações conjuntas que auxiliem ambos, discentes e docente a fazer um bom trabalho. Assim,

a realização do Projeto Interdisciplinar encaminha-se para a construção de uma postura condizente com a realidade contemporânea que tende a ver nos conteúdos os instrumentos necessários para responder a questões formuladas pelos discentes e docentes, diante de situações problemáticas surgidas no decorrer dos processos de ensinar e de aprender (FACULDADE CASTANHAL, 2015, p.1).

É importante observar, que o processo de ensino e aprendizagem tem que vir colaborar com os discentes no que diz respeito ao pensamento crítico, inovador e interdisciplinar, e, a materialização de um projeto interdisciplinar desperta ainda mais a curiosidade, e o reconhecimento da sua capacidade como discente pesquisador.

Assim, a disciplina Projeto Interdisciplinar I, que faz parte da estrutura curricular do segundo período letivo, vem contribuir com a formação do perfil profissional do discente, uma vez que através do desenvolvimento do projeto proposto no plano de curso, os discentes vivenciam o trabalho em grupo, tem o pensamento crítico estimulado e permite a conscientização do discente da interdisciplinaridade do mundo e sua vivência.

Quadro 1: Fases do Projeto Interdisciplinar.

FASES	CARACTERÍSTICAS
Intensão	Essa fase é fundamental, pois dela depende todo o desenvolvimento e organização do Projeto Interdisciplinar. Inicialmente, os docentes de cada período devem reunir-se semanalmente e pensar sobre os objetivos e finalidades das disciplinas, as necessidades de aprendizagem, de cada turma e sobre os encaminhamentos do projeto. Com isso, os docentes instrumentalizar-se-ão para problematizar o conteúdo e canalizar as curiosidades e os interesses dos discentes na concepção do(s) projeto(s). As atividades de elaboração deverão ser sempre coletivas e socializadas entre discentes e docentes. Estes deverão conjuntamente, como primeiro passo, escolher os temas significativos a serem problematizados e questionados.

Preparação e Planejamento	Após a definição do(s) tema(s), é importante que se faça o seu planejamento e se estabeleçam as etapas de execução. Discentes e docentes devem identificar as estratégias possíveis para atingir os objetivos propostos; coletar materiais bibliográficos necessários ao desenvolvimento da temática escolhida; organizar os grupos e/ou duplas de trabalho por suas indagações afins e suas respectivas competências, podendo ser organizados grupos com tarefas específicas; buscar informações em livros, Internet etc.; programar pesquisas laboratoriais; organizar instrumentos de investigação; programar a coleta de dados; analisar resultados, escrever relatórios; definir duração das pesquisas; buscar outros meios necessários para a solução das questões e/ou hipóteses levantadas na fase anterior; aprofundar e/ou sistematizar os conteúdos necessários ao bom desempenho do projeto. Em conjunto, discentes e docentes devem planejar a divulgação do projeto, com apresentação pública, exposição de trabalhos, bem como planejar a apresentação dos resultados da pesquisa, tanto no âmbito da gerência como em outras dimensões da Instituição.
Execução	Nessa fase, deve ocorrer a realização das atividades, das estratégias programadas, na busca de respostas às questões e/ou hipóteses definidas anteriormente. A turma ou os grupos de pesquisa planeja e executa sua tarefa, trazendo com frequência a apreciação da turma o que se está fazendo, as dificuldades que encontra e os resultados que são alcançados. Os discentes deverão ter a oportunidade de seguir o trabalho dos diversos grupos e cooperar com eles. É importante que sejam realizados relatórios parciais orais ou escritos, a fim de acompanhar o desenvolvimento do tema (ou dos temas) e implementar a participação dos discentes. Os discentes e os docentes devem criar um espaço de confronto científico e de discussão de pontos de vista diferentes, pois são condições fundamentais para a construção do conhecimento. O discente, com a participação ativa e conjunta de todos os docentes da turma precisa se sentir desafiado a cada atividade planejada, e o docente também.
Resultados	Após a associação entre ensino e pesquisa, espera-se que o docente contribua para a construção da autonomia intelectual dos futuros graduados, avaliando os conteúdos ou saberes que foram programados e desenvolvidos de maneira integrada por meio de projetos de ensino e aprendizagem, oportunizando ao discente a verbalizar seus sentimentos sobre o projeto: o que foi mais importante? Quais as novidades proporcionadas? O ato de ensinar e aprender tornou-se mais dinâmico? Como foi a participação, individual e dos grupos, nas atividades do(s) projeto(s) integrador(es)? O que se pode melhorar para os próximos projetos? Quais foram as conclusões e recomendações elaboradas e o crescimento evidenciado pelos discentes durante a realização do(s) projeto(s)? Geralmente, nos resultados, surgem interesses que podem proporcionar novos temas e, por conseguinte, novos projetos e serem seguidos nos períodos subsequentes

No Projeto Pedagógico do Curso, a ementa da disciplina propõe a “Construção de um projeto interdisciplinar envolvendo os componentes curriculares do II Semestre letivo tendo como base um tema transversal definido semestralmente. Apresentação do projeto interdisciplinar desenvolvido. Seminários interdisciplinares”.

Com base no plano de curso elaborado, a docente buscou estratégias e metodologias para estimular a interdisciplinaridade nos discentes ao desenvolverem seus projetos, despertando a curiosidade, a investigação, a pesquisa e a inovação. A diversidade de estratégias, técnicas, métodos de ensino e procedimentos, transforma a vivência em sala de aula em uma mistura líquida, que se densifica quando se tornam conscientes do processo de realização, ou seja, a prática da autoavaliação e crítica. Assim, tanto discentes quanto docentes centralizam o esforço de superação do não conhecido para produzirem a aprendizagem conjunta, interdisciplinar e de forma prática, despertando a veia de pesquisador, e curiosidade à medida que as aulas acontecem (ROMANOWSKI e WACHOWICZ, 2006; HUNG, 2015; BERBEL, 2011).

A pesquisa: inovação e criatividade

A pesquisa e seus resultados vêm facilitar a reflexão, crítica e a maior compreensão do processo de ensino e aprendizagem. Considera-se crucial refletir sobre o pressuposto do pesquisador exerce grande influência em relação à natureza da realidade, verdade e ao mundo. (MOREIRA e CALEFFE, 2008). A pesquisa interdisciplinar desperta a inovação e criatividade no discente que se sente cada vez mais motivado em explorar soluções e projetos únicos. De acordo com a etimologia das palavras, o termo criatividade deriva do latim “*creare*” que significa criar, inventar, fazer algo novo. Inovação vem do latim “*innovare*” que significa tornar novo, mudar ou alterar as coisas introduzindo novidades, renovar (PAROLIN, 2001).

Criatividade e inovação são duas palavras com significados diferentes, apesar de muitas pessoas os unificarem. Criatividade refere-se a processos internos da criação, elaboração de ideias e projetos, a causas, já a inovação se refere aos efeitos, aos resultados da criatividade (CHIBÁS, 2000). A criatividade pode ser estimulada através de treinos e ambientes favoráveis, e a inovação pode ser aprendida, seja em formato de disciplina, apresentação ou prática, sendo importante na vida das pessoas, sejam elas empreendedores, docentes e discentes. As pessoas precisam buscar, com propósito deliberado, as fontes de inovação e criatividade, as mudanças e seus sintomas que indicam oportunidades para que um projeto tenha êxito (DRUCKER, 2002; ALENCAR e FLEITH, 2003).

Métodos

A disciplina Projeto Interdisciplinar:

tem como objetivo favorecer o diálogo entre os componentes curriculares que integram os módulos, na perspectiva de contribuir para uma aprendizagem mais significativa e para a construção da autonomia intelectual dos estudantes através da conjugação do ensino com a pesquisa, assim como da unidade teoria-prática (FACULDADE DE CASTANHAL, 2015, p.1).

A ideia aqui exposta, traz atividades vinculadas diretamente à disciplina para o cumprimento da ementa, segundo PPC – Projeto Pedagógico do Curso e os resultados alcançados em relação ao discente pesquisador e sua motivação para futuras pesquisas. Afinal, conforme Robbins (2005), essa motivação vem como ponto inicial para que os discentes desenvolvam direção, intensidade e persistência para o alcance de um determinado objetivo, no caso proposto, o desenvolvimento de um projeto interdisciplinar.

O plano de curso da disciplina, tem uma carga horária de 34 horas de conteúdo teórico. Essa carga horária é dividida em 1 encontro

semanal de 2 horas aula. Utilizou-se da metodologia ensino e aprendizagem de forma teórico – prático – reflexiva, através de aulas expositivas, dialogadas e pequenos seminários para conduzir o desenvolvimento dos projetos em etapas. Por fim, avaliação do processo de aprendizagem da disciplina deu-se através da integração e participação dos discentes em todas as atividades solicitadas, e também com a criação de um projeto integrador criativo e inovador por parte das equipes. Os projetos foram apresentados em sala e avaliados por uma banca com docentes do próprio campus. Todo o processo foi detalhado na próxima seção.

Resultados e discussão

No primeiro dia de aula, os discentes tiveram contato com os conceitos iniciais sobre o projeto interdisciplinar, e com base na ementa da disciplina, apresentada aos discentes neste primeiro dia de aula, foi montado um cronograma dividido em oito momentos. Este cronograma trazia as etapas de desenvolvimento do seus projetos interdisciplinares na disciplina. Assim, os discentes puderam ir se preparando para as ações que viriam a acontecer nas aulas mencionadas.

Quadro 2: Cronograma do Projeto de Ensino Leitura e Análise.

AULAS	ETAPAS DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INTERDISCIPLINAR
Aula nº 01	Conceitos iniciais sobre o Projeto Interdisciplinar - Estrutura
Aula nº 02	O desenvolvimento do problema de pesquisa
Aula nº 03	O desenvolvimento dos objetivos e justificativa
Aula nº 07	O referencial bibliográfico
Aula nº 10	A metodologia de pesquisa
Aula nº 14	Atividade prática
Aula nº 15	Análise e resultados
Aula nº 17	Seminário Final Avaliativo

Fonte: Autoral (2019).

Como processo de discussão inicial, foi proposto aos discentes que apresentassem o que tinham como interesse de projetos a serem desenvolvidos na disciplina e elaborassem um *checklist* de ações a serem desenvolvidas para o alcance dos objetivos. Aqueles que ainda não tinham em mente o que pretendiam desenvolver, foram orientados a procurar um tema, e já trazer na próxima aula, que aconteceria dentro de sete dias. Além das atividades solicitadas para entrega na Aula 02 informada no cronograma acima.

A turma era pequena, o que resultou em 4 trabalhos. Os discentes tinham total liberdade em escolher, trabalhar de forma individual ou em grupo. Dois trabalhos foram desenvolvidos individualmente, e os outros dois em grupos de 5 e 4 componentes respectivamente. Abaixo estão descritos todos os processos de ensino e aprendizagem desenvolvidos em sala de aula, as ações, etapas de desenvolvimento, e resultados alcançados com os discentes.

Aula 01 – Conceitos iniciais: Conforme dito inicialmente, no primeiro encontro com os discentes, foi possível trazer os conceitos iniciais do desenvolvimento de um Projeto Interdisciplinar, sua estrutura, o que deveria constar em cada uma delas. Foi passado aos discentes a importância do desenvolvimento de um projeto interdisciplinar para sua formação, a possibilidade de futuras patentes, e até mesmo o uso do projeto para o tão sonhado Trabalho de Conclusão de Curso.

Os discentes se mostraram receptivos e motivados. Ideias foram sendo apresentadas, em formato de mesa redonda. Várias foram as contribuições dos discentes quanto aos temas apresentados, até mesmo o levantamento de críticas e dúvida em relação a possibilidade real de desenvolvimento dos projetos, mediante variáveis, materiais disponíveis, alcance de resultados, tecnologia existente, e até o envolvimento de questões financeira para a conclusão da pesquisa. Foi muito interessante ver o quanto os discentes se mostraram empol-

gados, alguns um pouco aflitos com o que se esperar da sua pesquisa, do seu projeto, mas o envolvimento de todos, tanto discentes quanto docente, foi de extrema relevância.

É importante destacar que O Projeto Interdisciplinar é uma concepção de ensino e aprendizagem que pressupõe uma postura metodológica interdisciplinar a ser adotada pela Instituição, envolvendo docentes e discentes (FACULDADE DE CASTANHAL, 2015, p.1).

Como resultados, os discentes apresentaram três possibilidades de temas interdisciplinares a serem desenvolvidos inicialmente:

1 – Trabalho Individual: Desenvolver um projeto na temática de produção de madeira artesanal;

2- Trabalho Individual: Desenvolver um projeto com a temática voltada para instituições de longa permanência para idosos;

3- Trabalho em grupo: Desenvolver um projeto de copo comestível;

4 – Trabalho em grupo: Não tinham ideia do que fazer inicialmente, ficaram de trazer na próxima aula.

Para finalizar, foi dada a primeira tarefa para os discentes após a escolha e a delimitação do tema: transformar o tema em problema de pesquisa, no formato de interrogativa. Isso, depois de explicar para os discentes o que era o problema de pesquisa, chamando atenção de alguns conceitos importantes, “problema é uma questão que envolve intrinsecamente uma dificuldade teórica ou prática, para a qual se deve encontrar uma solução” (CERVO e BERVIAN, 2002, p. 84).

Formular o problema consiste em dizer, de maneira explícita, clara, compreensível e operacional, qual a dificuldade com a qual nos defrontamos e que pretendemos resolver, limitando o seu campo e apresentando suas características (RUDIO, 1980, p. 75).

Aula 02 – O problema de pesquisa: No dia da aula, os discentes trouxeram conforme solicitado o problema de pesquisa para a corre-

ção da docente. Para que os discentes começassem a se familiarizar com apresentações e seminários, foi proposto que eles fossem até o quadro e escrevessem o tema e o problema, e os apresentassem para o restante da turma. Assim, todos poderiam contribuir com a escrita e o entendimento, tendo no final o *feedback* e considerações da docente. Muitos estavam nervosos e envergonhados, mas tudo foi feito de forma bem leve, sem cobranças, afinal, o que se pretendia era auxiliá-los no desenvolvimento do projeto, da pesquisa, da comunicação e da interdisciplinaridade.

O grupo que inicialmente não tinha o tema, apresentou o interesse em desenvolvimento de um aplicativo para serviços autônomos. Todos os grupos cumpriram todas as atividades solicitadas.

Foi então apresentado o conceito sobre objetivo e justificativa de uma pesquisa aos discentes, conforme autores da área. Como tarefa para a próxima aula, eles deveriam trazer de forma impressa para correção: tema, problema, objetivos e justificativa. Além de uma apresentação em formato *Power Point*, para ser apresentado em sala para todos os demais discentes. Mais uma vez, colocando-os para melhorar sua desenvoltura nas apresentações de seminários neste formato.

Aula 03 – Objetivos e justificativa: Mais uma vez, os discentes cumpriram com o que foi proposto pela docente, de forma bem criativa e interessante. Algumas considerações foram sugeridas em relação a postura durante a apresentação e algumas correções aconteceram no texto impresso e nos slides no momento final a apresentação de cada grupo. O mais interessante, pois que eles entenderam bem o que se tratava os abjetivos, porém alguns encontram dificuldade em relatar a sua justificativa de pesquisa. Mas de forma bem harmônica, tudo foi sendo colocado, e os discentes conseguiram entender bem como montar o texto de forma correta.

Então, foi explicado aos discentes o que seria o referencial bibliográfico. Todos já tinham uma boa ideia do que seria, porém pre-

cisavam de auxílio em relação a como começar a pesquisar. Então, foi sugerido que este tema seria tratado nas próximas quatro aulas, porém, na última, ou seja, na aula sete, eles deveriam trazer parte do referencial já feito.

Inicialmente foi dividido assim, as aulas:

Aula 04 – Trazer os tópicos que deveriam ser pesquisados para o desenvolvimento do projeto para correção e considerações por parte da docente.

Aula 05- Trazer alguns tópicos já escritos para a análise e correção pela docente.

Aula 06 – Trazer os tópicos já escritos para análise e correção.

Foi possível notar, que os discentes apresentaram grande dificuldade para entender os conceitos metodológicos em relação a escrita de textos científicos. Dificuldade em transcrever citações indiretas e diretas de foram corretas, o uso das regras da ABNT, erros gramaticais e de concordância. Foi sugerido a alguns que procurassem algum curso online sobre regras de metodologia, uma vez, que não era foco da disciplina. Algumas regras foram lembradas pela docente, mas observou-se que os docentes precisavam de uma maior atenção neste quesito.

Aula 07 – O referencial bibliográfico: Os discentes entregaram os trabalhos escritos e começou a correção em sala de aula mesmo. Após este momento, foi passado pela docente o que era a metodologia da pesquisa. Ela solicitou que eles desenvolvem em 4 tópicos a metodologia que deveria ser entregue na aula de número 10: 1 – Tipos de pesquisa; 2 – O objeto de estudo; 3- A coleta de dados e 4- A análise dos dados.

Nas aulas 08 e 09, os discentes foram trazendo o texto e seus relatos em relação ao desenvolvimento do projeto para análise da docente. Alguns projetos tiveram ajuda de docentes de outras áreas,

como Materiais e Tecnologia da Informação, para auxiliá-los no desenvolvimento das etapas metodológicas de execução. Mais uma vez, notou-se a dificuldade por parte dos discentes em colocar as ideias no papel.

Aula 10 – A metodologia de pesquisa: Nesta aula os discentes trouxeram a metodologia para correção. Alguns apresentam ela completa, outros faltando alguns dos tópicos. Estes foram mais uma vez orientados ao que poderiam fazer para o alcance do objetivo proposto pela docente, e tiveram a liberdade de recorrer à biblioteca da instituição para finalizar a metodologia.

Antes, porém, todos os discentes foram informados que passariam por uma pré-avaliação do seu projeto interdisciplinar. Eles teriam as 3 próximas aulas para apresentar: o título, o problema, o objetivo, a justificativa, o referencial e a metodologia da pesquisa de forma impecável, como se fosse a avaliação final da disciplina. O trabalho deveria ser entregue de forma impressa e montariam uma apresentação em Power Point. Um docente convidado iria avaliá-los. Isso para mais uma vez, eles se prepararam para as próximas apresentações e para futuros projetos.

Aula 14 – Atividade prática: As apresentações aconteceram e contaram com as considerações da docente da disciplina e de mais um docente convidado. O que chamou a atenção, foi o quanto alguns ficaram nervosos com a presença de outro docente. Mas as considerações foram acatadas, e no final o clima de “alívio” pode ser observado em todos os discentes.

Aula 15 – Análise e resultados: Como todos os trabalhos já estavam em fase de finalização na aula anterior, embora só tivessem que apresentar até a metodologia, nesta aula eles já trouxeram o esboço da análise e resultado para a correção da docente.

É importante destacar que, apesar que todos os grupos quisessem finalizar o projeto neste semestre, eles tinham mais 3 disciplinas (Projeto Interdisciplinar II, III e IV), nos próximos 3 semestres letivos para finalizar o projeto.

Foi possível observar que alguns já estavam bem adiantados, porém outros dificilmente conseguiriam sequer apresentar um protótipo, devido à dificuldade de material de apoio e questões de tecnologia envolvidas. Os discentes tiveram a aula 16 para a última correção por parte da docente, e as apresentações avaliativas, com uma banca, aconteceriam na aula 17.

Aula 17 – Seminário Avaliativo: Nesta aula, o clima de nervosismo era claro perante dos discentes. Dois docentes convidados do próprio campus, um do colegiado de Engenharia de Materiais e outro do colegiado de Engenharia de Produção, compunham, junto com a docente da disciplina a banca avaliativa. Foram apresentados os 4 trabalhos abaixo:

- 1- *Produção de madeira artesanal*: A utilização de folhas de mangueira no processo de produção de madeira aglomerada. Este projeto foi desenvolvido por somente uma discente. Ela apresentou dois protótipos no dia da apresentação, um feito com folhas secas, e outro com folhas verdes. Foram levantados pela banca algumas considerações importantes. A discente se mostrou muito nervosa na apresentação. Mas conseguiu a aprovação no seminário com notas: Nota 1 - 8,4; Nota 2 - 8,4 e Nota 3 - 8,3.
- 2- *Instituições de longa permanência para idosos*: caracterização e condições de atendimento. Esta pesquisa também foi uma pesquisa individual. A discente apresentou de forma bem clara e espontânea, porém alguns itens importantes que estavam no trabalho impresso, não estavam na apresentação, o que a fez perder alguns pontos. Mas ela se mostrou atenciosa e recepti-

va quanto as críticas e considerações apresentadas pela banca, conseguindo aprovação no seminário com as notas: Nota 1 - 7,6; Nota 2 - 7,6 e Nota 3 - 7,5.

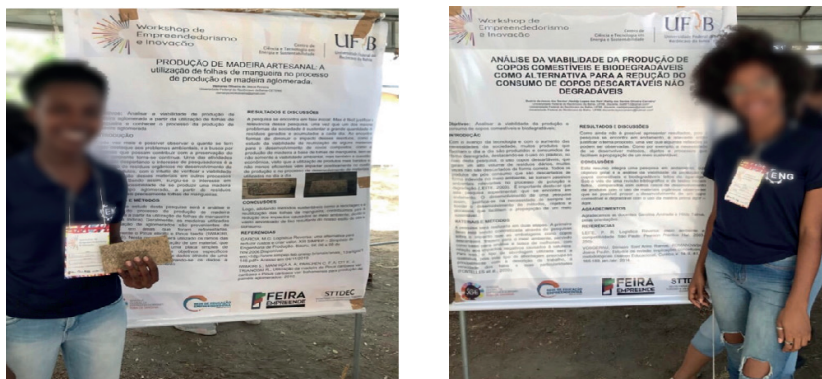
- 3- *Análise da viabilidade de desenvolvimento de um aplicativo de serviços autônomos na cidade de Feira de Santana - BA.* Este projeto foi desenvolvido por um grupo de 05 discentes. Eles apresentaram o esboço do projeto durante a apresentação. A apresentação aconteceu de forma bem tranquila e colaborativa por todos os componentes. Algumas considerações importantes foram destacadas pela banca. O projeto foi aprovado com as notas: Nota 1 - 8,8; Nota 2 - 8,8 e Nota 3 - 8,7.
- 4- *A utilização de copos comestíveis e biodegradáveis como alternativa à redução do consumo de copos descartáveis não degradáveis.* Este projeto foi apresentado em grupo de 04 discentes. A apresentação também aconteceu de forma conjunta e muito bem explicativa. O grupo acolheu bem as considerações, principalmente do docente da área de materiais. O projeto foi aprovado com notas: Nota 1 - 8,9; Nota 2 - 8,9 e Nota 3 - 9.

Como foi possível observar, o seminário se deu de forma bem equilibrada e o objetivo foi alcançado com êxito, uma vez que, os discentes foram estimulados a pesquisar e obteve-se como resultado o desenvolvimento de trabalhos inovadores e criativos, e é possível destacar uma evolução por parte dos discentes no que diz respeito a análise crítica reflexiva, comunicação e argumentação, o que os facilitará na realização de pesquisas futuras por parte dos acadêmicos. A avaliação final da disciplina se deu de forma somativa às demais atividades desenvolvidas durante todo o semestre. É importante buscar avaliações que manifestem propostas de condução do ensino centrada no discente, no seu desempenho em alcançar os objetivos que foram estabelecidos no planejamento da disciplina (ROMANOWSKI e WACHOWICZ, 2006).

Apresentação no workshop de empreendedorismo: Este capítulo traz o resultado da disciplina Projeto Intedisciplinar I no despertar do discente pesquisador, e mais uma vez, pode ser observado o êxito no alcance do objetivo proposto pois, no dia 21 de novembro, foi realizado o “I Workshop Empreendedorismo e Inovação da UFRB” que teve como objetivo fortalecer o empreendedorismo e a inovação em Feira de Santana, e o desenvolvimento conjunto do Ensino, Pesquisa e Extensão voltados a temática central da prática empreendedora sustentável e inovadora nos discentes. Tal evento foi realizado e sediado pelo Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), tendo como públicos alvos a comunidade acadêmica e sociedade em geral.

Dois dos trabalhos desenvolvidos na disciplina citada neste relato foram aprovados para apresentação em formato de pôster.

Figura 1: Apresentações dos dois trabalhos aprovados no I Workshop de Empreendedorismo e Inovação.



Fonte: Autoral (2019).

A apresentação dos trabalhos, mostra como o I Workshop de Empreendedorismo e Inovação da UFRB, veio somar ao processo de despertar a pesquisa no discente, que estavam muito motivadas a dar seguimento em mais pesquisas e publicações futuras.

Considerações finais

Mais uma vez, observou-se que o objetivo proposto para a disciplina, foi alcançado com êxito, uma vez que, os discentes foram estimulados a pesquisar e obteve-se como resultado o desenvolvimento de trabalhos sustentáveis, inovadores e criativos, e é possível destacar uma evolução por parte dos discentes no que diz respeito a análise crítica reflexiva, comunicação e argumentação, o que os facilitará na realização de pesquisas futuras por parte dos acadêmicos.

Cabe destacar que algumas dificuldades existiram ao longo dos períodos letivos descritos neste trabalho como a dificuldade em encontrar material de apoio para os discentes, e até mesmo questões financeiras para a conclusão dos estudos e pesquisas. Apesar disso, o resultado alcançado superou a expectativa, com aprovação de 100% dos discentes. A pesquisa concretizada através do incentivo no desenvolvimento do raciocínio científico, crítico e reflexivo sobre o projeto desenvolvidos.

Referências

ALENCAR, E. M. L. Soriano; FLEITH, D. S. Contribuições Teóricas Recentes ao Estudo da Criatividade. In Psicologia: **Teoria e Pesquisa**, vol. 19, nº 1, pp. 1-8, 2003.

ANJOS, Rafael Maas dos; UBALDO, Antônio Augusto Baggio e. O desporto como elemento indutor da sustentabilidade na sociedade de risco. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes de; ARMADA, Charles Alexandre. **Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade**: reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama: Universidade Paranaense - UNIPAR, 2015.

BERBEL, N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia dos estudantes. **Semina**: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, 2011.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade**: o que é – o que não é. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHIBÁS ORTIZ, F. **Barreiras à Comunicação e Criatividade Organizacional**: um estudo em hotéis brasileiros e cubanos. São Paulo, 2000. Dissertação [Mestrado] - Programa Pós-Graduação em Integração da América Latina (PROLAM), Universidade de São Paulo.

DRUCKER, P. **Inovação e Espírito Empreendedor** (entrepreneurship): prática e princípios. São Paulo, ed. Pioneira Thomson, 2002.

EVANGELISTA, I. A. S., COLARES, M. L. I., FERREIRA, M. A. V. **Projetos educativos interdisciplinares na prática docente**. Piauí: UFPI, 2009.

FACULDADE DE CASTANHAL. **Diretrizes Gerais dos Projetos Interdisciplinares**. Castanhal-PA: Faculdade de Castanhal, 2015. Disponível em: <http://www.fcat.edu.br/pdf/graduacao/Diretrizes%20Gerais%20dos%20Projetos%20Interdisciplinares.pdf>. Acesso em: 08 de jul. de 2020.

FRANCISCHETT, M. N. **O entendimento da interdisciplinaridade no cotidiano**. Paraná: UNIOESTE, 2005.

HUNG, H. T. **Flipping the classroom for English language learners to foster active learning**. Computer Assisted Language Learning, v. 28, n. 1, 81-96, 2015.

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o docente pesquisador**. 2 ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

PAROLIN, S. R. H. **A perspectiva dos líderes diante da gestão da criatividade em empresas da região metropolitana de Curitiba-PR**. Dissertação (Mestrado em Administração). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

PERRENOUD, P. **A prática reflexiva no ofício do docente**: profissionalização e razão pedagógica. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PÓVOAS, Monike Silva. O amor na sociedade de risco: a sustentabilidade e as relações de afeto. In: SOUZA, Maria Cláudia da Silva Antunes

de; ARMADA, Charles Alexandre. **Sustentabilidade, meio ambiente e sociedade:** reflexões e perspectivas [e-book]. Umuarama: Universidade Paranaense – UNIPAR, 2015.

ROMANOWSKI, J. P.; WACHOWICZ, L. A. Avaliação formativa no ensino superior: que resistências manifestam os docentes e os discentes? In: **Processos de ensino na universidade:** pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 6. ed. Joinville: Univille, 2006. p. 121-139.

RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica.** 4.ed. Petrópolis: Vozes, 1980.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o Século XXI:** desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo, SP: Studio Nobel: Fundação do desenvolvimento administrativo, 1993.

VASCONCELOS, C. S. **Coordenação do trabalho pedagógico:** do Projeto Político Pedagógico ao cotidiano em sala de aula. 6.ed. São Paulo: Libertada, 2005.

Sustentabilidade social: acessibilidade linguística para surdos

Clenilton de Sousa Alves

Elias Marques Machado

Itamara Ferreira Gonçalves dos Santos

Samara Rebeka Pita

Maciel Midian Jesus de Souza Marins

Introdução

O mundo moderno está em constante evolução e transformação. Para assegurar que este desenvolvimento atenda às necessidades das gerações futuras, surge a obrigação global de se discutir como garantir isto. Nesta perspectiva que se amadurece o conceito de sustentabilidade com três esferas formadoras: o ambiental, o energético e o social. No estabelecimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável pela ONU, 17 metas globais são estabelecidas durante a Rio + 20. A quarta e a décima meta estão diretamente relacionadas ao artigo aqui apresentado: 4ª Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem durante toda a vida para todos. 10ª Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles (MORAIS, 2018). Este capítulo apresentará a proposta de um aplicativo para garantir o acesso de todos a informação para promover a desigualdade linguística dentro no Brasil.

Com a popularização da internet e de aparelhos smartphones, o uso de aplicativos para atender as mais diversas demandas se tornou uma realidade para a população mundial. O mundo dos aplicativos gera produtos para objetivos diversos, como entretenimento, serviços, educação e outros.

Antes de falarmos sobre a idealização do aplicativo é necessário esclarecer questões a respeito da plataforma digital. O aplicativo pode ser definido como um software (ou programa) para aparelhos móveis, como *smartphones* e *tablets*. Um aplicativo pode ser útil de diversas maneiras, como ajudar a resolver problemas simples do cotidiano, pode servir como fonte de pesquisa, ajudar a encontrar um lugar que esteja procurando ou, ainda, te colocar em contato direto com pessoas ou com as lojas e serviços que você mais utiliza. São infinitas as possibilidades para uso e objetivos na construção de aplicativos. O caso do aplicativo proposto buscar-se-á promover acessibilidade linguística para surdos usuários de Libras ao passo que permitirá contactar pessoas para serviço de tradução.

Surdos são aqueles que não se consideram deficientes, utilizam uma língua de sinais, valorizam sua história, arte e literatura e propõem uma pedagogia própria para a educação das crianças surdas. Strobel (2013, p. 45) defende que “os sujeitos surdos, com a sua ausência de audição e do som, percebem o mundo através de seus olhos e de tudo o que ocorre ao redor deles [...]”.

Ser considerado surdo está para além da perda auditiva, significa “ter um traço identitário que se hibridiza com outros na constituição de um sujeito, constituição esta que não pode ser reduzida a condição biológica do não ouvir” (THOMA, 2012, p.154).

Segundo o censo demográfico de 2010 do IBGE, 23,9% da população brasileira apresenta alguma deficiência, sendo que 5,1% são deficientes auditivos. O povo surdo, como preferem se denominar, totalizam cerca de 360 milhões de pessoas e os surdos enfrentam inúmeras barreiras na acessibilidade a diversos serviços.

Segundo Conforto e Santarosa (2002), acessibilidade é o sinônimo de aproximação, um meio de disponibilizar a cada usuário interfaces que respeitem suas necessidades e preferências. Ao falar em acessibilida-

de, devem-se ampliar as questões sociais, pois todo cidadão tem direito de integrar-se em todos os espaços socioculturais. Nesse sentido, oportunizar elementos que proporcionem inclusão das pessoas por meio da acessibilidade contribui para uma sociedade igualmente inclusiva. Conforme já enfatizado (SANTAROSA *et al.*, 2007), as possibilidades que os espaços digitais/virtuais oferecem, de forma direta ou indireta, afetam vários aspectos da vida das pessoas, sejam no âmbito familiar, profissional, educacional e social.

Para as pessoas surdas, um dos principais problemas está na falta de acessibilidade linguística. Muitas informações são perdidas por não usarem a mesma língua dos ouvintes. Talvez a solução para isso fosse o intérprete de Libras, no entanto existe a falta deste profissional. Nem sempre há profissionais com formação adequada para suprir esta demanda. A falta de intérprete e de pessoas conhecedoras da língua de sinais é um dos fatos que mais prejudica o surdo no seu cotidiano, além desse problema o surdo enfrenta muitos outros, como por exemplo, a falta de tecnologias voltadas para auxiliar na interação entre surdo e ouvinte. E é a partir da identificação destas dificuldades que o aplicativo Ouvindo em Libras surge.

O objetivo para a construção deste aplicativo é projetar um instrumento acessível que facilite a comunicação entre surdos e ouvintes, auxiliando o surdo na comunicação cotidiana, além disso, demonstrar a importância da Libras para a comunicação dos surdos, popularizando desta forma, o acesso a língua de sinais.

O surdo e a libras

A Língua de Sinais Brasileira – Libras foi declarada como primeira língua para as comunidades surdas no Brasil pela Lei nº 10.436/2005 e regulamentada pelo Decreto nº 5626/2002.

O artigo 1º da Lei nº 10.436/2005 apresenta no seu escopo a definição para língua de sinais:

Como sendo a forma de comunicação e expressão, em que o sistema linguístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria, constitui um sistema de transmissão de ideias e fatos, oriundos de comunidades de pessoas surdas do Brasil.

Assim, este documento reconhece a existência da Libras como uma língua nacional.

Segundo Dizeu, Caporali (2005, p. 541), “a língua de sinais representa um papel expressivo na vida do sujeito surdo, conduzindo-o, por intermédio de uma língua estruturada, ao desenvolvimento pleno”. A língua de sinais tem papel fundamental para a pessoa surda, pois através dessa língua de modalidade viso-espacial⁴, seus usuários conseguem expressar todo e qualquer pensamento. Apesar da língua de sinais ser considerada essencial na vida do surdo desde o diagnóstico da perda auditiva, muitos profissionais de saúde ainda indicam alguns processos de reabilitação desses pacientes, como no caso do tratamento com fonoaudiólogo para treinamentos de fala, a utilização de um aparelho auditivo e ainda intervenções cirúrgicas. No entanto, entendemos em consonância com outros autores⁵, que a melhor opção para estas pessoas é a língua de sinais. Através desta língua, os surdos podem utilizar a experiência visual para sua comunicação (MARINS, 2019).

Quando o surdo tem contato com a Libras logo no início, para Dizeu, Caporali (2005), significa que ele se tornará capaz de significar o mundo através de experiências promissoras. Os adultos surdos são peças fundamentais para a formação da identidade de outras pessoas surdas, contribuindo como apoio para disseminar o conhecimento de forma rápida e eficiente.

⁴ Chama-se de língua viso-espacial aquelas que usam a visão para receber informações e as emitem através do espaço corporal (cabeça e tronco). (QUADROS, 2019)

⁵ Strobel (2008), Witkoski (2012) e Marins (2019) são exemplos de autores que defendem o uso da Libras pelos surdos.

O que Dizeu, Caporali (2005) destaca, em outras palavras é a importância da comunidade surda e do modelo surdo. A comunidade surda é o grupo constituído por falantes usuários da Libras. Quando uma criança surda tem contato com esta comunidade, ela desenvolverá naturalmente uma língua que se adequa a sua percepção de mundo, um mundo visual. O contato com surdos adultos permitirá a criança surda o desenvolvimento do modelo surdo, ou seja, de uma identidade surda e a compreensão da perda auditiva como uma característica e não como uma patologia.

Segundo Quadros *et al.* (2006):

As línguas expressam a capacidade específica dos seres humanos para a linguagem, expressam as culturas, os valores e os padrões sociais de um determinado grupo social. Os surdos brasileiros usam a língua de sinais brasileira, uma língua visual-espacial que apresenta todas as propriedades específicas das línguas humanas. É uma língua utilizada nos espaços criados pelos próprios surdos, como por exemplo, nas associações, nos pontos de encontros espalhados pelas grandes cidades, nos seus lares e nas escolas. Sim, também nas escolas (QUADROS *et al.*, 2006, p 13).

Em seu pensamento, Quadros *et al.* (2006) mostram que a importância da língua vai além de uma simples forma de se comunicar, mas também que a língua é responsável para expressar a cultura e os valores sociais dos seus falantes. No caso da comunidade surda, a língua de sinais é responsável pela formação da identidade cultural do surdo, através de sinais e expressões faciais. Assim, a língua é fator de identificação.

Seguindo a mesma linha de Quadros *et al.* (2006), Costa (2015) mostra que a língua de sinais pode ser caracterizada como um artefato cultural e nos traz sua contribuição do que seria a língua de sinais:

A língua de sinais é um artefato cultural carregado de significação social sendo assim uma das especificidades mais importantes da manifestação e pro-

dução da cultura surda. Desta forma, o uso de sinais pelos Surdos ultrapassa os objetivos de uma simples comunicação, constituindo-se no meio pelo qual se expressam as subjetividades e as identidades desses indivíduos (COSTA, 2015, p 16).

É preciso considerar a Libras não apenas como um sistema linguístico, mas como um elemento cultural para a comunidade surda. Ainda em seu trabalho, Costa (2015) fala sobre a importância do tradutor intérprete da língua, profissional pertencente a esta comunidade:

Estes assumem a possibilidade não apenas de traduzir a língua fonte para a língua alvo língua de sinais, mas também dão voz ao outro, ao interpretarem o mundo cultural da pessoa surda, evidenciando seu caráter eminentemente existencial. Os intérpretes dão voz aos atores sociais Surdos quando estes vivenciam seu papel cultural repleto de gírias e expressões idiomáticas sem depender de uma imaginária estética ouvinte (COSTA, 2015, p 17).

A presença do tradutor intérprete de Libras em nossa sociedade é uma garantia de acessibilidade linguística dos surdos nos mais diversos espaços. Quadros (2019, p.177) explica que esses profissionais “atuam na interpretação simultânea da língua portuguesa para a Libras, ou da Libras para a língua portuguesa”. Este profissional é o responsável por fazer a transmissão das informações dos ouvintes aos surdos e vice-versa. No entanto, nem sempre essa garantia é efetivada. Quadros (2004) relata que há carência destes profissionais no mercado. Isto se deve a formação tardia. É somente em 2006 que se estruturaram os primeiros cursos de graduação para formação de intérpretes de Libras (QUADROS, 2014). Se pensarmos na Bahia, local onde foi criada a proposta deste trabalho, há poucos cursos de formação de tradutor – intérprete, e os que temos são a nível de extensão universitária e não de nível superior. É pensando na carência destes profissionais que surgiu o aplicativo Ouvindo em Libras que será apresentado na próxima seção.

No entanto é preciso destacar que nosso aplicativo não buscar substituir o tradutor intérprete de Libras, mas criar uma possibilidade

através da tecnologia assistiva para intermediar o acesso à informação pelos surdos.

Ao que se refere ao crescimento acelerado das tecnologias digitais e sobre possibilidades advindas dessas novas tecnologias Arcoverde (2006) nos mostra seus proveitos no que diz respeito comunidade surda:

Nesse espaço não há lugar para estigmas, rotulações e preconceitos, pois, envolvidos nas tramas da Rede, somos todos participantes sociais de uma mesma comunidade, a comunidade digital, sem fronteiras, constituída pelos bits e regida sob nova forma de organização social. As oportunidades de comunicação oferecidas pelas tecnologias digitais permitem novas possibilidades de interagir e de aprender com muitos outros, diferentes e singulares, que se somam, compartilham e coexistem na imensa diversidade que institui a sociedade em rede (ARCOVERDE, 2006, p. 254).

O pensamento de Arcoverde (2006) demonstra a importância da inserção de tecnologias de acessibilidade na vida de pessoas com necessidades especiais, a autora fala sobre as possibilidades que essas pessoas teriam ao ter acesso a essas tecnologias, além do aprendizado a comunidade surda estaria inserida em diversos contextos principalmente no que diz respeito ao conhecimento de diferentes culturas. Silva e Souza (2016) compartilha do mesmo pensamento que Arcoverde (2006) sobre o uso de recursos tecnológicos e, porém, destaca a importância das novas tecnologias no que diz respeito ao processo Educacional:

O uso da tecnologia consubstancia-se como uma característica fundamental no cenário contemporâneo. [...] torna-se necessário que a escola se aproprie de ferramentas condizentes com as demandas apresentadas pelo contexto social, com o fim de instrumentalizar o corpo discente para uma atuação efetiva em seu cotidiano (SILVA, SOUZA, 2016, p.130.)

Segundo Santarosa (2002), a inclusão de pessoa com deficiência no mundo virtual através de tecnologias assistivas, abre uma nova possibilidade de desenvolvimento nas dimensões cognitiva e socioafetivas:

[...] favorecendo a sua inclusão digital/social uma vez que se abre um novo espaço à informação, interação, comunicação e construção individual e cooperativa. Principalmente do ponto de vista da interação síncrona e mesmo assíncrona, na perspectiva do pensar coletivo, da troca e do respeito ao ponto de vista do outro, favorece a expressão de suas ideias e opiniões e a possibilidade de ser “ouvido e de ouvir” o outro (SANTAROSA, 2002).

Santarosa (2002) complementa seu pensamento falando que devido a evolução da tecnologia essas pessoas com deficiência adquirem possibilidades de estarem incluídas em espaços digitais e sociais. Esse pensamento nos leva a enxergar o quão proficiente será esse aplicativo para a comunidade surda, além de facilitar a comunicação, trará inúmeros benefícios para o âmbito educacional, além de conseguir unir duas culturas que antes viviam na sociedade de maneira afastada.

Através de levantamento bibliográfico encontramos outros aplicativos voltados para a acessibilidade linguística de pessoas surdas. Ribeiro; Miranda; Galvão Filho (2019) destacam alguns aplicativos como o Hand Talk⁶, o ProDeaf⁷ e o Rybená⁸. Estes três aplicativos realizam a tradução digital do Português para a Libras através de um intérprete virtual em 3D, em termos técnicos, um avatar. A principal crítica a estas ferramentas é que um avatar não consegue expressar elementos linguísticos da Libras, como as expressões não manuais com a mesma precisão que um humano, visto as próprias limitações gráficas. Outra reflexão é quanto a não identificação de elementos linguísticos pró-

⁶ <https://www.handtalk.me/>

⁷ <http://www.prodeaf.net/>. Importante pontuar que este aplicativo foi adquirido e passou a integrar o hand talk em 2018.

⁸ <http://www.rybena.com.br/site-rybena/home>

prios que diferenciam as línguas. Por isso, não é incomum encontrar trechos traduzidos por esses aplicativos usando a estrutura sintática do português, gerando como resultado não a Libras, mas um português sinalizado.

Reconhecendo a importância destas ferramentas, mas afirmando que para traduções e interpretações com trechos mais longos a ação humana do profissional intérprete é indispensável que se justifica a proposta do Ouvindo em Libras.

Resultados e discussão

O uso das tecnologias para facilitar o cotidiano é algo que vem se expandindo cada vez mais, atualmente vem sendo desenvolvidas tecnologias que torne mais acessível à vida da pessoa com deficiência, seja física, motora, visual, auditiva.

Sobre a importância da acessibilidade, Conforto e Santarosa (2002) destacam que:

A garantia de acessibilidade à Internet possibilitará ouvir e dar voz a toda a diversidade humana, ação prioritária para a construção de uma sociedade aprendente, inteligentemente dirigida, forjada pela participação efetiva de todos os atores humanos, sujeitos que se tornam inteligentes nas relações dinâmicas e sinérgicas desencadeadas no processo interativo/colaborativo/cooperativo/inclusivo do ciberespaço (CONFORTO E SANTAROSA, 2002, p. 21).

Para Conforto e Santarosa (2010), discutir a acessibilidade a web não se restringe à transposição de barreiras tecnológicas na internet, mas a remoção dos obstáculos que podem efetivamente melhorar as condições e a qualidade de vida para a diversidade humana. Baseado no pensamento de Conforto e Santarosa (2002, 2010) foi idealizado um aplicativo com enfoque na comunidade surda, com finalidade de facilitar a comunicação entre surdo e ouvinte, além de disponibilizar

curiosidades sobre a cultura surda, a fim de quebrar o preconceito e torna mais acessível a vida do surdo na sociedade ouvinte.

O aplicativo Ouvindo Em Libras tem como principal função realizar chamadas de vídeos em tempo real através do aparelho celular, em que pessoas surdas solicitam ajuda através do aplicativo e pessoas ouvintes fluentes da Libras cadastradas como voluntárias recebem a chamada para auxiliar o surdo no que for necessário, como uma atividade de interpretação, por exemplo. Além disso o aplicativo serve com via de mão dupla, ou seja, caso o ouvinte tenha dificuldade de se comunicar com um surdo ele pode solicitar a um dos ouvintes voluntários uma ajuda na comunicação. Então, este aplicativo poderá ser utilizado por qualquer brasileiro para estabelecer comunicação eficiente e de qualidade, garantindo direito de acessibilidade para pessoas surdas.

É importante destacar que o aplicativo ainda não está disponível nas plataformas para aquisição, o projeto ainda se encontra em processo de finalização para registro e patentes.

Ao baixar o aplicativo, o usuário escolhe se é surdo ou ouvinte e na tela inicial as opções disponíveis serão:



Solicite um voluntário: Local em que o surdo ou um ouvinte que não sabe língua de sinais solicita ajuda a um voluntário, através de vídeo chamada. Ao clicar nessa opção, o usuário deverá escrever que tipo de auxílio precisará para que possa ser direcionado a um voluntário adequado a partir da demanda. Esta opção levará para um grupo de um aplicativo de conversas instantâneas em que encontrará o voluntário para a vídeo chamada.



Aprendendo Libras: Local onde ouvintes que não conhecem a língua de sinais poderão aprender sinais diários através de jogos e vídeos curtos com temáticas diversas.



Conhecendo os surdos: Essa opção permite que o usuário conheça o dia a dia do surdo e um pouco da sua cultura, através de textos, sugestões de filmes e vídeos disponibilizados pela comunidade surda.



Cadastro/Sugestões: Esse ícone permite que as pessoas se cadastrem no aplicativo, onde devem informar se são ouvintes voluntários, apenas ouvintes que não sabem Libras ou surdo. Além disso, o ícone permite que o usuário deixe suas sugestões de melhorias para nossa melhoria.



Sobre: Essa opção permite ao usuário saber um pouco mais sobre a plataforma, a missão e sobre os idealizadores do aplicativo.

Figura 1 - Tela inicial do aplicativo ouvindo em Libras.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Para desenvolver o aplicativo existem algumas etapas envolvidas antes e depois da disponibilidade para uso das pessoas, são elas:

➤ **Planejamento:** identificando uma necessidade, considerando as opções de solução.

- **Análise:** demonstrando os requisitos funcionais do aplicativo e antecipando possíveis problemas que possam ser encontrados.
- **Design:** definindo como o aplicativo funcionará e quais recursos e componentes ele terá.
- **Construção:** É aqui que a programação real ocorre usando os requisitos e o design como orientação.
- **Teste:** experimenta o aplicativo procurando erros e confirmando que os requisitos definindo foram atendidos.

Esse aplicativo está na etapa de construção, visto que ainda falta um conhecimento em linguagem de programação mais robusto para o desenvolvimento de um código ideal para algumas funcionalidades. Ao concluir essa etapa vamos testar e consequentemente disponibilizar gratuitamente para o nosso público-alvo.

Considerações finais

Através do embasamento teórico foi possível perceber a importância das tecnologias assistivas para vida dos surdos. Entendemos que o aplicativo se configura de extrema relevância quando oportuniza a interação direta entre surdo e ouvinte, promovendo a convivência entre diferentes culturas. Além disso, caracteriza-se como uma estratégia inovadora quando propõe construir um espaço de aprendizagem da língua de sinais. Assim se faz necessário refletir que os recursos de tecnologias assistivas oportunizam o acesso ao conhecimento e, consequentemente, traz aos surdos acessibilidade e interação social.

O aplicativo Ouvindo em Libras é um instrumento acessível que facilitará a comunicação entre surdos e ouvintes, assim nosso objetivo geral foi cumprido. Ele auxiliará o surdo na comunicação cotidiana através do ícone “chame um voluntário”, mostrará a importância da Libras para a comunicação dos surdos através do ícone “aprendendo Libras” e teremos de popularizar ao acesso a língua de sinais, já que

será gratuito. Neste sentido nossos objetivos específicos também foram contemplados. Por fim, é preciso reafirmar a importância deste trabalho na perspectiva que será possível quebrar barreiras de comunicação enfrentada pela comunidade surda brasileira no seu cotidiano.

Referências

ARCOVERDE, R. D. L. **Tecnologias digitais: novo espaço interativo na produção escrita dos surdos**. Programa de Estudos Pós-Graduados em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

CONFORTO, D.; SANTAROSA, L. M. C. Acessibilidade à Web: Internet para Todos. **Revista de Informática na Educação: Teoria, Prática – PGIE/UFRGS**. V.5 N° 2 p.87-102. nov/2002.

COSTA, G. **Cultura surda e identidade: estratégias de empoderamento na constituição do sujeito Surdo**. Bahia: ABREU, 2015.

DIZEU, L.; COPARALI, S. **A Língua de Sinais constituindo o surdo como sujeito**. Campinas: 2005.

MORAIS, D.O.C. **O pilar social dimensão invisível das cadeias de suprimentos Sustentáveis**. Programa de Pós-Graduação de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2018. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23982/Dafne.Morais.Tese_.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Acesso em 27 de julho de 2021.

MARINS, M. J. S. **A escrita de palavras por surdos baianos estudantes de classes bilíngues e inclusivas em Feira de Santana e Amargosa- BA**. Programa de pós- graduados em Estudos Linguísticos, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2019.

QUADROS, R. M. **Letras Libras: ontem, hoje e amanhã**. Ed. UFSC, 2014.

QUADROS, Ronice M. **Libras**. Parábola, 2019.

QUADROS, R. M. **O tradutor intérprete de Língua Brasileira de Sinais e Língua Portuguesa**. Brasília: SEEP/MEC, 2004.

QUADROS, R. M., SCHMIEDT, M. **Ideias para ensinar português para alunos surdos**. Brasília: MEC, SEESP, 2006.

RIBEIRO, S. S.; MIRANDA, T. G.; GALVÃO FILHO, T. O surdo e a aprendizagem mediada por recursos tecnológicos na Educação Superior. **Revista Educação Especial**, v.32, 2019. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/33679/html>.

SANTAROSA, L. M. (Orgs.). **Tecnologias Digitais Acessíveis**. Porto Alegre: JSM Comunicação Ltda, 2010.

SILVA, E. B.; SOUZA, A. W. M. In: BARBOSA *et al.*. **Educação aberta e flexível: caminhos para a aprendizagem significativa**. Ed. UESB, 2016.

STROBEL, K. **As imagens do outro sobre a cultura surda**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2013.

SANTAROSA, L. PASSERINO, L. BASSO, L. DIAS, C. Acessibilidade em Ambientes de Aprendizagem por Projetos: construção de espaços virtuais para inclusão digital e social de PNEEs. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, p. 1-11, 2007.

SANTAROSA, L. PASSERINO, L. SZORTYKA, D. **Inclusão Digital: Espaço Possível Para Pessoas Com Necessidades Educativas Especiais**, 2002.

THOMA, A. **Cultura Surda & Libras**. São Paulo: [unisinus], 2012.

WITKOSKI, S. A. **Educação de surdos pelos próprios surdos: uma questão de direitos**. Curitiba: Editora CRV, 2012.

Aplicações sociais sustentáveis de polímeros termoplásticos

*Fabiane de Oliveira Santana
Heloisa Barbara Rozario Azevedo
Caio Cezar Neves Kunrath
Menilde Araújo Silva Bião
Franco Dani Rico Amado
Bruno Souza Fernandes*

Introdução

A deficiência é inerente à condição humana. Segundo o Relatório Mundial sobre a Deficiência (2011), mais de um bilhão de pessoas no mundo convivem com alguma forma de deficiência. Nos próximos anos, uma grande parcela da população apresentará algum tipo de deficiência temporária ou permanente, podendo ser de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, enfrentando dificuldades relacionadas com a perda da funcionalidade e autonomia.

No Brasil, segundo dados levantados no censo de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), 23,9% da população brasileira, cerca de 45 milhões de pessoas, possuíam algum tipo de deficiência. No entanto, o IBGE publicou a Nota técnica 01/2018 (IBGE, 2018), que traz a releitura dos dados de pessoas com deficiência no Censo Demográfico 2010 à luz das recomendações do Grupo de Washington, onde se identifica como pessoa com deficiência apenas os indivíduos que responderam ter muita dificuldade ou não consegue de modo algum em uma ou mais questões apresentadas no Censo 2010. Sendo assim, ao aplicar esta nova linha de corte, a população total de pessoas com deficiência residentes no Brasil captada pela

amostra do Censo Demográfico 2010 passa de 45.606.048 pessoas para um quantitativo de 12.748.663 pessoas, ou seja, 6,7% do total da população registrado pelo Censo Demográfico 2010.

Os tipos de deficiências consideradas no censo do IBGE (2010) são: auditivas, visuais, intelectuais e físicas. As deficiências físicas são complicações que levam à limitação da mobilidade, da coordenação motora geral, podendo afetar a fala, em consequência de lesões neurológicas, neuromusculares, ortopédicas, ou más formações congênitas ou adquiridas. Devido a essas deficiências, dispositivos de tecnologia assistiva são desenvolvidos buscando melhorar a qualidade de vida e promover independência dessas pessoas.

As órteses constituem importante exemplo de dispositivo auxiliar de tecnologia assistiva. Para Rodrigues, Cavalcante e Galvão (2007), órtese é qualquer dispositivo externo que aplicado a um ou vários segmentos do corpo, tem a finalidade de corrigir a alteração morfológica de um órgão, buscando melhorar a posição funcional, auxiliando, protegendo, estabilizando, imobilizando, corrigindo e aperfeiçoando a execução de um movimento, ou agindo como agente curador em determinadas patologias.

As órteses podem ser classificadas quanto a sua funcionalidade, como estáticas (não possibilitam movimento, e tem por objetivo corrigir, proteger, manter imobilizada determinado membro ou estabilizar em uma posição pré-determinada), dinâmicas (permitem movimentos articulares, seu objetivo é garantir mobilidade, auxiliar, limitar ou direcionar o movimento), eletrônicas, robóticas ou biônicas.

De acordo com Brasil (2019), as órteses de membro inferior do tipo tornozelo e pé (*ankle foot orthosis* - AFO) também conhecidas como órteses suropodálicas tem a finalidade de prevenir a instalação de deformidades em equino, garantir o ganho de amplitude de dorsiflexão e controlar o alinhamento e a movimentação do pé e tornozelo.

As órteses do tipo suropodálicas são comumente indicadas para o tratamento do pé de equino, ou pé de bailarina, devido à capacidade de conseguirem retardar futuras alterações. De acordo com Roque *et al.* (2012), o pé de equino é uma das alterações motoras mais frequentes provocadas pela patologia chamada paralisia cerebral.

Desta forma, o uso da órtese como forma de ajuda técnica tem possibilitado aumentar a independência e a habilidade funcional, melhorando a qualidade de vida do indivíduo. Confeccionadas com diferentes materiais, elas representam a possibilidade de o paciente retomar, gradativamente, a capacidade de cuidar de si e de realizar atividades cotidianas de forma independente.

Atualmente, os materiais mais utilizados para a confecção de órteses se dividem em dois grandes grupos, os materiais termoplásticos de alta ou de baixa temperatura. Os termoplásticos de baixa temperatura apresentam fácil moldagem em temperaturas mais baixas, geralmente entre 60 °C e 77 °C, podendo ser moldados sobre o próprio paciente e ainda podem ser reaquecidos e reajustados (AGNELLI e TOYODA, 2003). São materiais muito utilizados na confecção de órteses de membro superior e apresentam características, como bom acabamento, conformabilidade e auto aderência, porém, em muitos casos apresentam um elevado custo do produto final quando se fala na confecção de órteses, o que é um problema destacado por vários especialistas na área.

Os termoplásticos de alta temperatura são os que apresentam fácil moldagem em temperaturas entre 149 °C e 177 °C e ganham resistência e rigidez quando resfriados, entretanto, são materiais que apresentam maior tempo de confecção (LEITE, 2007). Ainda sob esta mesma perspectiva, Agnelli e Toyoda (2003), apresentam o polipropileno (PP) como um material com estas características e sendo um dos pertencentes ao grupo dos termoplásticos de alta temperatura

que apresentam resultados bastante satisfatórios ao se analisar leveza, plasticidade em bom nível e resistência para a confecção de órteses de membro inferior. Já Azevedo (2018), apresenta o poli cloreto de vinila (PVC) como um material alternativo para a confecção de órteses, por ser um polímero termoplástico de alta temperatura que possui rigidez elevada, fácil aquisição e que apresenta propriedades semelhantes ao PP.

De acordo com Mc Donald (1998), na seleção do material para a confecção de órtese, deve-se levar em consideração características como rigidez, flexibilidade, facilidade de limpeza, volume, custo, leveza e facilidade na moldagem e manutenção. Diante do supracitado, percebe-se que os polímeros termoplásticos PP e PVC apresentam aplicações sociais sustentáveis na confecção de órteses para membros inferiores. No entanto, é importante compreender as características e propriedades de cada termoplástico, possibilitando conhecer a viabilidade de utilização deles. Deste modo, este capítulo traz a avaliação e comparação entre as propriedades mecânicas de duas órteses do tipo suropodálica confeccionadas com PP e PVC.

Materiais e métodos

Um projeto de engenharia requer, para sua viabilidade, o conhecimento das características, propriedades e comportamento dos materiais disponíveis. Os ensaios mecânicos de materiais permitem a obtenção de informações a respeito das propriedades mecânicas que se referem ao comportamento do material quando sujeito a esforços de natureza mecânica e são essenciais para definir critérios de especificação e/ou escolha da matéria-prima. Já o conhecimento de química e estrutura de polímeros permite relacionar a estrutura do PP e PVC com suas respectivas propriedades mecânicas.

Confecção da órtese: Dois protótipos de órteses tornozelo-pé ou suropodálica rígida foram confeccionados Utilizando a Técnica de Rodrigues Júnior, onde uma placa de PP de 3 mm de espessura e um tubo/cano de PVC de 3 mm de espessura e 100 mm de diâmetro externo foram moldados utilizando um soprador térmico, com variação de temperatura de 80 °C a 120 °C.

Figura 1: Órtese suropodálica produzida a partir de um cano de PVC.



Fonte: Santana (2019).

O PP e o PVC foram aquecidos acima da temperatura de transição vítrea (T_g) e abaixo da temperatura de fusão cristalina (T_m) para ficar no estado borrachoso e viscoso e obter uma consistência maleável, permitindo aderir ao molde negativo, dando forma à órtese. Essa moldagem foi realizada respeitando as dimensões antropométricas de uma pessoa, através de molde negativo em gesso.

Ensaio mecânicos: Os protótipos prontos foram enviados ao Laboratório de Materiais e Meio Ambiente (LAMMA) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), onde foram realizados os ensaios mecânicos de tração e flexão.

O ensaio de tração foi realizado seguindo a norma ASTM D 638 para quatro corpos de prova extraídos tanto da órtese de PP quanto da

órtese de PVC. A confecção dos corpos de prova no formato de gravata borboleta foi feita com auxílio de uma serra tico-tico. Os corpos de prova foram lixados e medidos com paquímetro para garantir as dimensões conforme norma técnica. As dimensões dos corpos de prova foram de (110x12x3) mm. Para a realização do ensaio de tração, utilizou-se a máquina de ensaios estática servo-elétrica Shimadzu, modelo AG-X, com célula de carga com capacidade máxima de 100 kN, na temperatura ambiente de 25 °C, a uma taxa de deformação de 5 mm/min.

O ensaio de flexão em três pontos foi realizado seguindo a norma ASTM D 790-03 para cinco corpos de prova extraídos tanto da órtese de PP quanto da órtese de PVC.

A confecção dos corpos de prova no formato retangular foi feita com auxílio de uma serra tico-tico. Os corpos de prova foram lixados e medidos com paquímetro para garantir as dimensões conforme norma técnica. As dimensões dos corpos de prova foram de (100x12x3) mm. A velocidade de aplicação da carga foi de 5 mm/min. Para isso, utilizou-se a máquina de ensaios estática servo-elétrica Shimadzu, modelo AG-X, com célula de carga com capacidade máxima de 100 kN.

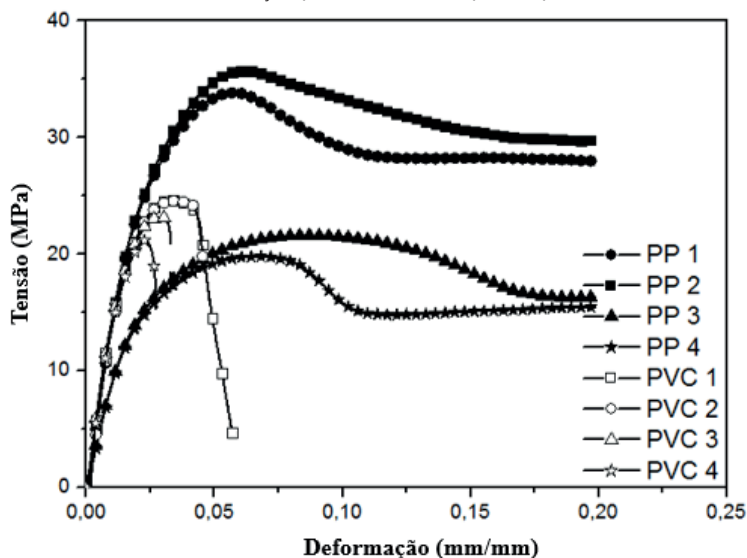
Resultados e discussão

As curvas do ensaio de tração para todos os corpos de prova desenvolvidos por meio da órtese de PP e PVC, podem ser vistas na figura abaixo. Percebe-se que as curvas da órtese de PP apresentaram características semelhantes, por apresentarem bem o regime elástico não linear (esperado para materiais termoplásticos) e o regime plástico. Outra semelhança identificada, é que os corpos de prova da órtese de PP se rompem com quase a mesma deformação (superior a 15%), porém os limites de resistência à tração foram diferentes.

As curvas da órtese de PVC também apresentaram comportamento semelhante, entretanto, os corpos de prova da órtese de PVC se

romperam a deformações diferentes e apresentaram limites de resistência à tração bem próximos. De acordo com as curvas do ensaio de tração, ficou evidente que o limite de resistência à tração da órtese de PP foi superior ao da órtese de PVC, devido às características intrínsecas favoráveis do PP.

Figura 2: Curvas do ensaio de tração para todos os corpos de prova da órtese de PP e PVC.



Fonte: Santana (2019).

A órtese de PP apresentou uma média do módulo de elasticidade de $(894,45 \pm 329,62)$ MPa, limite elástico de $(20,11 \pm 5,38)$ MPa, limite de resistência à tração de $(28,38 \pm 7,43)$ MPa e o limite de ruptura de $(25,84 \pm 6,50)$ MPa. Para a órtese de PVC, o módulo de elasticidade foi de $(1460,44 \pm 248,75)$ MPa, o limite elástico foi de $(14,57 \pm 5,02)$ MPa, o limite de resistência à tração foi de $(23,39 \pm 1,63)$ MPa e o limite de ruptura foi de $(13,42 \pm 7,59)$ MPa. O limite elástico para o PP foi 38,02% maior que o PVC, o que indica uma maior resistência à deformação permanente deste polímero quando comparado ao PVC. Para as outras

propriedades também se verifica um melhor desempenho do PP, tal desempenho pode estar associado ao fato do PP apresentar uma estrutura semicristalina e, além disso, o processo de termoformagem ter favorecido um aumento do grau de cristalinidade, onde as regiões cristalinas, nos quais a proximidade entre os segmentos de cadeia são maiores e as forças intermoleculares secundárias entre as cadeias são mais intensas. Por conseguinte, necessita-se de mais força para separar tais cadeias, o que gera maior resistência à tração. Ao contrário do PVC, que têm sua estrutura amorfa, não há um alinhamento das cadeias poliméricas, logo as ligações secundárias são muito menos influentes.

Os resultados também mostram elevados valores de desvio padrão. Isso se justifica pelo fato de os corpos de prova terem sido confeccionados a partir das órteses produzidas de PP e PVC, sendo mais difícil manter uma regularidade e uniformidade das amostras obtidas. Além disso, esses elevados valores mostram que os corpos de prova apresentavam diferenças estruturais significativas causadas pela termoformagem numa temperatura que variava de 80 °C a 120 °C.

Tabela 1: Ensaio de tração para todos os corpos de prova da órtese de PP e PVC.

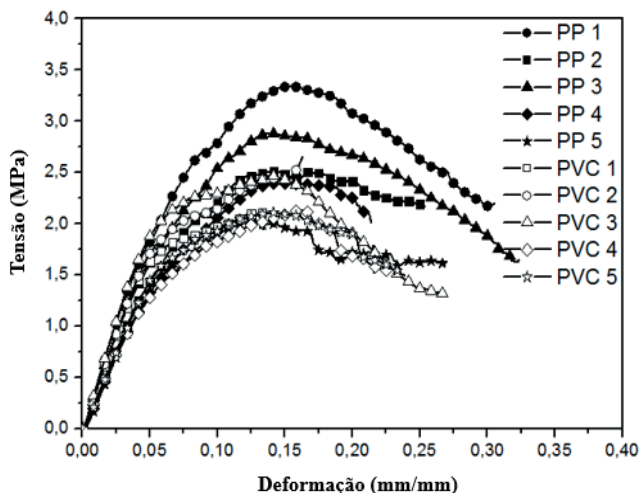
Corpos de prova	Órtese PP				Órtese PVC			
	Limite elástico (MPa)	LRT* (MPa)	s_r (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)	Limite elástico (MPa)	LRT* (MPa)	s_r (MPa)	Módulo de elasticidade (MPa)
1	22,37	35,72	33,92	1285,78	21,15	24,66	2,83	1125,76
2	26,59	33,84	27,93	1044,64	12,59	24,59	13,93	1700,14
3	16,70	21,58	19,10	581,02	15,26	23,16	20,66	1431,60
4	14,78	22,40	22,40	666,36	9,28	21,16	16,27	1584,27
Média	20,11	28,38	25,84	894,45	14,57	23,39	13,42	1460,44
Desvio Padrão	5,38	7,43	6,50	329,62	5,02	1,63	7,59	248,75
Amplitude	11,80	14,11	14,82	704,76	11,87	3,49	17,82	574,38

*Limite de resistência à tração (LRT) e limite de ruptura (s_r).

Fonte: Santana (2019).

As curvas do ensaio de flexão para todos os corpos de prova desenvolvidos por meio da órtese de PP e de PVC podem ser vistas abaixo. O corpo de prova 1 da órtese de PVC foi a única amostra que sofreu ruptura, visto que o ensaio foi finalizado quando o corpo de prova atingiu 5% da deformação máxima. Além disso, as amostras sob flexão apresentaram um comportamento dúctil. Percebe-se que as curvas da órtese de PP apresentaram características semelhantes, porém distantes uma das outras, assim como ocorreu de certa forma com as curvas do ensaio de tração. Essas características também têm relação direta com o processo de fabricação da órtese, sendo esperada para termoplásticos. As curvas da órtese de PVC também apresentaram características semelhantes, porém mais próximas umas das outras quando comparadas com as curvas da órtese de PP. Todos os corpos de prova apresentaram deformação de dobramento. Esse comportamento foi percebido por meio das curvas de deformação plástica quando uma força foi aplicada sob os materiais poliméricos.

Figura 3: Curvas do ensaio de flexão em três pontos para todos os corpos de prova da órtese de PP e PVC.



Fonte: Santana (2019).

Os resultados do ensaio de flexão em três pontos, a média do limite elástico à flexão da órtese de PP foi de $(0,91 \pm 0,12)$ MPa, enquanto da órtese de PVC foi de $(1,26 \pm 0,17)$ MPa, representando um aumento de cerca de 38,46%. Já o limite de resistência à flexão da órtese de PVC foi de $(2,25 \pm 0,19)$ MPa, enquanto da órtese de PP foi de $(2,63 \pm 0,50)$ MPa, representando um aumento de cerca de 16,88%. O módulo de flexão de ambos os materiais foi igual a $(0,029 \pm 0,005)$ MPa. A órtese de PP apresentou maior resistência ao dobramento, onde é necessária uma força maior para deslocar o material num ponto, considerando outros dois pontos fixos.

Os resultados obtidos permitem concluir que o PP apresentou um desempenho mecânico melhor. É importante ressaltar que o produto em estudo, durante o seu uso, é submetido aos dois tipos de esforços, o que indica que o material a ser escolhido deve manter propriedades adequadas para esforços sob tração e flexão.

Tabela 2: Resultados do ensaio de flexão em três pontos para todos os corpos de prova da órtese de PP e PVC.

Corpos de prova	Órtese PP			Órtese PVC		
	Limite elástico/ escoament o (MPa)	Limite de Resistência à Flexão (MPa)	Módulo em flexão (MPa)	Limite elástico/ escoament o (MPa)	Limite de Resistência à Flexão (MPa)	Módulo em flexão (MPa)
1	1,10	2,51	0,031	1,37	2,10	0,027
2	0,93	3,33	0,022	1,07	2,46	0,026
3	0,93	2,88	0,025	1,32	2,46	0,023
4	0,77	2,39	0,032	1,08	2,13	0,035
5	0,83	2,02	0,033	1,45	2,11	0,033
Média	0,91	2,63	0,029	1,26	2,25	0,029
Desvio Padrão	0,12	0,50	0,004	0,17	0,19	0,005
Amplitude	0,32	1,31	0,010	0,37	0,35	0,012

Fonte: Santana (2019).

Para a confecção de uma órtese suropodálica, a espessura da placa varia de 3 mm a 6 mm de acordo com o tamanho, peso e necessidade de uso do cliente (BRASIL, 2014). Para a confecção de uma órtese infantil, que foi a confeccionada neste estudo, usou-se uma placa de 3 mm de espessura. De acordo com uma análise realizada no site da Mercado Livre em janeiro de 2019, os preços de uma placa de polipropileno de (1000x2000x3) mm variam de R\$131,16 a R\$345,98 em média. Já o preço de um tubo de PVC de 3 metros, 3 mm de espessura e 100 mm de diâmetro custou em média o valor de R\$40,00.

A partir dos dados da Tabela 3, têm-se que com um único tubo de PVC foi possível a confecção de cerca de 6 órteses suropodálicas infantis. Já utilizando uma placa de PP, foi possível a confecção de 40 órteses a um custo de R\$3,28 por unidade. Desta forma, levando em consideração o valor do material termoplástico utilizado para a confecção de uma órtese e da capacidade de produção por matéria-prima, o PP apresentou um excelente relação custo-benefício, pois é um material fácil de ser adquirido, de baixo custo e viável, uma vez que foi possível construir uma maior quantidade, com um custo mais baixo. O PVC seria uma segunda opção, pois seu custo não é tão alto e é um material facilmente encontrado no mercado local.

Tabela 3: Análise do custo de confecção de uma órtese.

Material	Custo	Volume do material (cm ³)	Volume necessário para órtese (cm ³)	Número de órteses produzidas	Custo necessário para 1 órtese
PP	R\$131,16	6000	150	40	R\$3,28
PVC	R\$40,00	900	150	6	R\$6,66

Fonte: Santana (2019).

Um ponto importante a se destacar é que as órteses suropodálicas comercializadas são confeccionadas normalmente utilizando polipropileno ou fibra de carbono, que apresentam um custo em torno de

R\$350,00 (MED-ART) e R\$2.100,00 (Loja Ortopédica), respectivamente. Desta forma, pode-se afirmar que o uso de termoplásticos como PP e PVC se apresentam como uma alternativa de baixo custo, tornando economicamente acessível esse tipo de tecnologia à população que necessita do uso de órtese suropodálica.

Considerações finais

Neste capítulo foi possível descrever as propriedades mecânicas de dois termoplásticos de alta temperatura utilizados na confecção de órteses, PP e PVC. Foi possível, com corpos de provas extraídos das órteses, caracterizar mecanicamente os polímeros PP e PVC. Os resultados indicaram que o PP apresentou melhores propriedades mecânicas que o PVC, quando submetidos a esforços de tração e flexão. No entanto, sob esforço de flexão, ocorreu uma pequena diferença nas propriedades mecânicas entre os polímeros.

Em relação ao custo do material, o PP é a matéria-prima que apresenta o melhor custo-benefício, sendo possível produzir cerca de 40 órteses com um volume de 6000 cm³ do material. E mesmo as propriedades mecânicas do PVC serem inferiores ao PP, o PVC é uma boa alternativa para confecção de órteses, uma vez que as propriedades mecânicas atendem aos esforços solicitados para essa aplicação.

Portanto, o PP é o material mais indicado para a confecção de órtese, uma vez que atende as características que devem ser consideradas para confecção de órteses suropodálicas, como rigidez, flexibilidade, facilidade de limpeza, volume, baixo custo, leveza, atóxico e facilidade na moldagem e manutenção. Entretanto, a análise comparativa, as propriedades mecânicas e a análise de custo do material, evidenciaram que o PVC pode ser uma opção alternativa para a confecção de órteses suropodálicas.

Referências

AGNELLI, L. B.; TOYODA, C. Y. Estudo de materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, vol. 11, n. 2, p.83-94, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D638**: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. West Conshohocken, Pa: Astm International, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D790 - 03**: Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. West Conshohocken, Pa: Astm International, 2017.

AZEVEDO, H. B. R. **Caracterização mecânica de uma órtese de membro inferior produzido com poli cloreto de vinila (PVC)**. 2018. 40 f. TCC (Graduação), Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade. Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Feira de Santana, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão do Trabalho na Saúde. **Técnico em órteses e próteses**: livro-texto. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. **Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção / Ministério da Saúde**, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. – Brasília: Ministério da Saúde, 2019.

IBGE, **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo/> Acesso em: 26 out. 2018.

IBGE. Nota técnica 01/2018. Releitura dos dados de pessoas com deficiência no Censo Demográfico 2010 à luz das recomendações do Grupo de Washington. 2018.

LEITE, F. A. **Desempenho térmico, mecânico e clínico de material à base de polímero derivado de óleo de mamona para confecção de ór-**

teses e comparação com outro material existente no mercado. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Bioengenharia, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

MAC DONALD, E. M. **Terapia Ocupacional em Reabilitação.** 4.ed. São Paulo: Santos Livraria, 1998.

RELATÓRIO MUNDIAL SOBRE A DEFICIÊNCIA. Organização Mundial da Saúde: Governo do Estado São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/RELATORIO_MUNDIAL_COMPLETO.pdf. Acesso em: 02 out. 2018.

RODRIGUES, A.; CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C. Órtese e Prótese. In: CAVALCANTI, A.; GALVÃO, C. **Terapia Ocupacional: Fundamentação & Prática.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

ROQUE, A. H.; KANASHIRO, M. G.; KAZON, S.; GRECCO, L. A. C.; SALGADO, A. S. I.; OLIVEIRA, C. S. Análise do equilíbrio estático em crianças com paralisia cerebral do tipo diparesia espástica com e sem o uso de órteses. **Fisioterapia em Movimento**, SciELO Brasil, v. 25, n. 2, p. 311–316, 2012.

SANTANA, F. O. **Caracterização mecânica de órteses suropodálicas produzidas com polipropileno (PP) e poli cloreto de vinila (PVC).** 2019. 59 f. TCC (Graduação), Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade. Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Feira de Santana, 2019.

Técnicas de caracterização no desenvolvimento de produtos sustentáveis

*Joyce Batista Azevedo
Matheus Vinicius Falcão Moreira
Lorrane Carneiro Laranjeira Silva
Pollyana da Silva Melo Cardoso*

Introdução

As intensas preocupações ambientais para um desenvolvimento sustentável vêm estimulando o estudo e produção de novos materiais que causem menor impacto ao meio ambiente. A indústria, motivada por regulamentações ambientais, tem fomentado a difusão de produtos ecologicamente corretos. Desta forma, o uso de matérias primas de fontes renováveis e a consolidação da economia circular são duas estratégias importantes para um futuro mais sustentável (BARBOSA *et al.*, 2020).

Neste contexto, os materiais compósitos constituídos por fibras naturais ou oriundas de resíduos industriais podem ser excelentes alternativas para criação de novos produtos ecologicamente adequados e que contribuam com a diminuição da carga de detritos lançados no meio ambiente (LIN, 2020). Compósitos são materiais com duas ou mais fases em escala macroscópica, obtidos a partir da mistura de dois ou mais materiais distintos, cujas propriedades mecânicas devem ser superiores às dos materiais constituintes. Para que as propriedades desejadas em um material compósito sejam alcançadas, cada elemento constituinte (matriz, reforço e interface formada) deve apresentar características apropriadas. Assim, as propriedades dos

compósitos dependerão das características dos seus constituintes, da concentração relativa, das características da interface, da eficiência no processo de preparação e do processo de transformação a fim de assegurar a melhor morfologia no compósito final (DANIEL e ISHAL, 1994; VIEIRA, 2010; TANG *et al.*, 2000; HSISSOU *et al.*, 2021).

Tecnologicamente, os compósitos mais importantes são aqueles onde a fase dispersa está na forma de uma fibra. Estes compósitos aliam alta resistência e rigidez a baixa massa já que o mecanismo de reforço está associado a transferência de tensão da fibra para a matriz (MARINUCCI, 2011). As fibras sintéticas constituem um meio efetivo de reforço porque apresentam menor número de defeitos que em sua forma mássica. Entre as fibras sintéticas utilizadas como reforço em compósitos, as fibras poliméricas têm ganhado uma significativa importância. A resistência mecânica destas fibras deve-se ao estiramento e orientação das cadeias ao longo do seu eixo, de forma que, após esses processos, exista fortes ligações covalentes Inter atômicas ao longo da cadeia polimérica.

Um outro tipo de fibra que tem ganhado destaque no desenvolvimento de novos produtos são as fibras naturais. O uso destas fibras com polímeros visa à substituição de reforços convencionais e tem se tornado fonte de pesquisas e desenvolvimento que busca garantir a preservação ambiental, mantendo o padrão dos produtos convencionalmente obtidos com matérias primas de fontes não renováveis (SATHISHKUMAR *et al.*, 2013).

Neste contexto, duas fibras sustentáveis, fibra de sisal e fibra de PET foram avaliadas visando utilização como reforço em compósitos. A fibra de sisal tem recebido atenção especial pois, corresponde a cerca de 70% da produção comercial brasileira de todas as fibras duras. No Brasil, o cultivo do sisal se concentra na região Nordeste, sendo os estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte os principais produ-

tores, com 93,5; 3,5 e 3,0%, respectivamente, da produção nacional. Estas fibras são rígidas, inflexíveis, apresentam resistência superior em comparação às demais fibras naturais, além de boa durabilidade. São constituídas, assim como as demais fibras lignocelulósicas, de celulose, hemicelulose, lignina, pectina, cera e substâncias solúveis em água, sendo os três primeiros compostos responsáveis pelas propriedades físicas e mecânicas das fibras (SAPUAN, 2005; PAES, 2020).

A outra fibra estudada neste trabalho é a fibra de PET pois apresenta excelentes propriedades em distintas aplicações. Além disso, no contexto das fibras sintéticas, as fibras de PET têm um papel de destaque industrial, pois apresenta uma microestrutura cristalina compacta com boas propriedades mecânicas, dielétricas e ópticas, também são resistentes a vários solventes, ácidos e meios alcalinos (CARVALHO *et al.*, 2013). As fibras de poliéster estão em segundo lugar na produção mundial, ficando atrás apenas da produção de fibras de algodão (BICALHO *et al.*, 2015). A resistência mecânica desse material deve-se ao estiramento e orientação das cadeias ao longo do seu eixo, que ocorre durante a sua fabricação, de forma que, após esses processos, existem fortes ligações covalentes Inter atômicas ao longo da cadeia polimérica (ROMÃO *et al.*, 2009).

Sendo assim, a utilização das fibras, tanto das sintéticas como naturais apresentam potencial para utilização em compósitos. No entanto, para quantificação das propriedades são necessárias diversas análises e avaliações de suas composições e características principais, de modo a identificar o comportamento destes materiais em condições de processamento e uso.

Assim, este capítulo traz a utilização de técnicas de caracterizações em fibras natural (sisal) e sintética (PET), com o intuito de utilizá-las em novos materiais compósitos, e, desta forma, contribuir com o desenvolvimento sustentável do setor.

Materiais e métodos

As técnicas de caracterização foram aplicadas em duas fibras. A fibra natural de sisal e sintética de PET foram utilizadas por apresentarem principalmente um apelo ambiental. A fibra de sisal é um material lignocelulósico biodegradável de fonte natural e renovável, utilizou-se fibras do tipo refugo do processo de obtenção de cordas de sisal de empresas situadas na cidade de Conceição de Coité-BA.

Figura 1: Imagens das fibras: (a) natural de sisal; (b) sintética de PET.



Fonte: Autoral (2019).

A fibra de PET foi disponibilizada pela empresa Kordsa, uma indústria localizada no Polo Industrial de Camaçari, ao qual é um resíduo gerado durante o processo de fabricação de tecidos utilizados para reforço de pneumáticos, com volume de 36 toneladas/ano. A escolha desta fibra deve-se a oportunidade de utilização de um resíduo industrial, o que pode permitir a diminuição do impacto ambiental que seria causado pelo descarte dele. A função destas fibras no material compósito será a de atuar como um componente que reforce a matriz polimérica melhorando propriedades mecânicas.

Caracterizações das fibras: As caracterizações abaixo descritas apresentam objetivos que podem auxiliar a entender o comportamen-

to delas quando incorporadas a um polímero termofixo para a formação do compósito.

Teor de umidade: A determinação do teor de umidade das fibras torna-se um parâmetro importante no desenvolvimento do compósito, tendo em vista que a presença de umidade nos constituintes pode acelerar a degradação por hidrólise da matriz, assim como dificultar a adesão fibra/polímero (DE PAOLI, 2009). Para avaliação da umidade, utilizou-se secagem em estufa por ser a mais utilizada industrialmente (SELZER RAYMANN e PARISE, 2011).

As fibras de sisal e PET foram submetidas às temperaturas de 80, 90, 100 e 110 °C em estufa. A umidade foi relacionada com a massa das amostras e a medição foi realizada a cada 60 minutos até estabilização da massa. As amostras, após serem retiradas da estufa, foram mantidas em dessecador para não absorver a umidade do ar. Para o cálculo da umidade utilizou-se a relação da equação (1):

$$Umidade (\%) = \frac{(Massa \text{ úmida} - Massa \text{ seca})}{Massa \text{ úmida}} \times 100\% \quad (1)$$

Densidade: As propriedades de compósitos podem ser influenciadas pela presença de vazios formados durante a mistura e conformação. Uma das maneiras para se medir a fração volumétrica de vazios consiste em, inicialmente, medir-se a densidade de amostras dos componentes, e a partir destes valores obter-se a fração volumétrica dos vazios, conforme descreve Neto e Pardini, 2016. Sendo assim, neste trabalho, o método utilizado para determinar a densidade das fibras foi descrito por César *et al.* (2004) e consiste em pesar aproximadamente 5,0 g de cada amostra e anotar a massa exata obtida com o auxílio de uma balança analítica.

Foram utilizadas 5 provetas graduadas de 50 ml com erro associado de $\pm 0,05$ ml, onde com uma pisseta, foi colocado água destila-

da até a marca de 35 ml. Em seguida, foram introduzidas as fibras na proveta até que elas ficassem completamente submersas, aguardou-se 3 minutos para que parte das bolhas presentes na água ascendessem e foi aferido o volume obtido. Com a medida dos volumes de cada amostra e suas respectivas massas, foi possível calcular a densidade das fibras através da equação (2):

$$\text{Densidade (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Massa}}{\text{(Volume inicial - Volume final)}} \quad (2)$$

Propriedades Térmicas: As propriedades térmicas das fibras foram determinadas através da Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Termo gravimetria (TG). Estas técnicas permitem avaliar o efeito da temperatura nas fibras e, assim, avaliar se elas poderão interferir no sistema de cura da matriz. Além disso, tensões térmicas em compósitos são tensões ocultas na estrutura do material que podem afetar a resistência e o comportamento mecânico do material, provenientes da diferença entre os coeficientes de expansão térmica da fibra e da matriz (MARINUCCI, 2011).

O DSC e a TG das fibras foram realizados no laboratório de Caracterização Térmica do SENAI CIMATEC. Para o DSC, utilizou-se um equipamento da TA Instruments Q10 e cadinho de alumínio sob atmosfera de nitrogênio com vazão de 50 ml/min. O ensaio foi realizado em única etapa de aquecimento na faixa de temperatura entre 25-400 °C com taxa de aquecimento de 10 °C/min. E para avaliação da estabilidade térmica das fibras utilizada foi realizada análise termogravimétrica (TGA). O ensaio foi realizado em um termo balança da TA Instruments Q10, com uma razão de aquecimento de 10 °C/min, atmosfera de nitrogênio com vazão do gás de 100 ml/min. Foi utilizado cadinho de platina. O ensaio foi realizado na faixa de temperatura de 25 a 800 °C.

Morfologia: A adesão polímero/fibra é um dos principais fatores para determinação das propriedades mecânicas do compósito. A morfologia das fibras foi estudada neste trabalho visando avaliar a possibilidade de ancoramento mecânico, este método de adesão é também influenciado pela superfície da fibra.

As análises morfológicas foram realizadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) para tanto, inicialmente, as fibras de sisal e de PET passaram por um processo de deposição de carbono na superfície, este procedimento foi executado no equipamento da marca Denton Vacuum modelo Desk V com o equipamento auxiliar Carbon Yarn Accessor, também da Denton Vacuum. Já a microscopia eletrônica de varredura foi realizada em um equipamento da marca Jeol e modelo JSM-6510 LV.

Resultados e discussão

Teor de umidade: Os resultados mostram que a fibra de sisal apresenta o maior percentual de umidade em todas as temperaturas utilizadas. Esse comportamento já era esperado considerando que é uma fibra de origem vegetal com características higroscópicas, proveniente da presença de hidroxilas e outros grupos polares presentes nas fibras (FABIYI *et al.*, 2011; MOHAMMED *et al.*, 2015).

Tabela 1: Percentual de umidade dos constituintes em função do tempo (4 horas) e temperatura.

Amostra	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Fibra Sisal	80	7,71
	90	6,55
	100	7,16
	110	7,25
Fibra PET	80	1,36
	90	1,49
	100	1,60
	110	2,04

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A variação da temperatura não influenciou no teor de umidade das amostras. No entanto, necessita-se novos ensaios com um maior tempo de secagem para verificar se este parâmetro pode ser reduzido.

As amostras de fibra PET apresentaram valores de umidade relativamente baixos. A presença de umidade nas resinas de PET, polímero utilizado para obtenção da fibra de PET, é crítica apenas na sua forma fundida, pois pode alterar especialmente a viscosidade intrínseca do polímero mudando as condições de conformação sob temperatura (FREIRE, 1998). Portanto, em aplicações em que não se tenham um grau de exigência alto quanto à umidade, as fibras de PET poderão ser utilizadas sem secagem previa.

Densidade: As densidades das fibras de sisal variaram de 1,03 a 1,23 g.cm⁻³, esses valores são menores que a densidade das fibras de vidro (2,50 g.cm⁻³). A densidade obtida para a fibra de sisal pode ser comparável às outras fibras vegetais como a fibra da palmeira (1,03 g.cm⁻³), de coco (1,15 g.cm⁻³), de algodão (1,50–1,60 g.cm⁻³) e banana (1,35 g.cm⁻³) (SATHISHKUMAR *et al.*., 2013).

Tabela 2: Ensaio de densidade para a Fibra de sisal.

Amostra	Massa (g)	Volume M (cm³)	Densidade (g.cm⁻³)
Sisal A1	5,05	4,90	1,03
Sisal A2	5,04	4,10	1,23
Sisal A3	5,03	4,70	1,07
Sisal A4	5,05	4,80	1,05
Sisal A5	5,03	4,60	1,09
Desvio Padrão	0,01	0,28	0,07

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O desvio padrão calculado foi o amostral e indica o quanto os dados estão próximos da média. Os valores obtidos no ensaio de densidade para as fibras de PET podem ser observados abaixo.

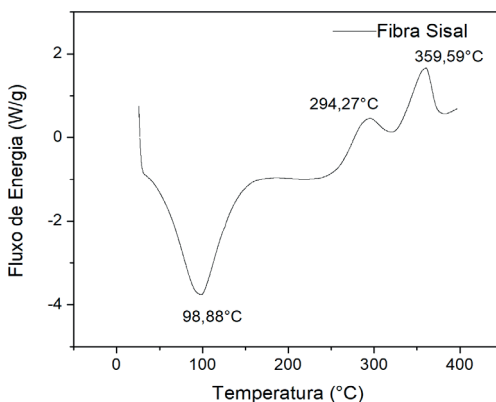
Tabela 3: Ensaio de densidade para a Fibra de PET.

Amostra	Massa (g)	Volume M (cm ³)	Densidade (g/cm ³)
PET A1	5,02	4,80	1,05
PET A2	5,04	4,90	1,03
PET A3	5,02	4,80	1,05
PET A4	5,05	4,90	1,03
PET A5	5,05	4,70	1,07
Desvio Padrão	0,02	0,07	0,02

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir destes valores, foi encontrado a densidade através da média aritmética dos valores encontrados para a fibras de PET, que foi de 1,045 g.cm⁻³.

Propriedades Térmicas: As curvas obtidas com a caracterização térmica da fibra de sisal estão apresentadas nas Figura 2 e 3. A Figura 2 é a curva de DSC onde foi observado os picos referentes aos três maiores constituintes da fibra, celulose, hemicelulose e lignina. A endoterma observada em aproximadamente 98,88 °C é atribuída à evaporação da umidade presente nas amostras. O pico exotérmico observado na curva térmica da fibra de sisal em 294,27 °C, com máximo em 359,59 °C é atribuída à desidratação da celulose.

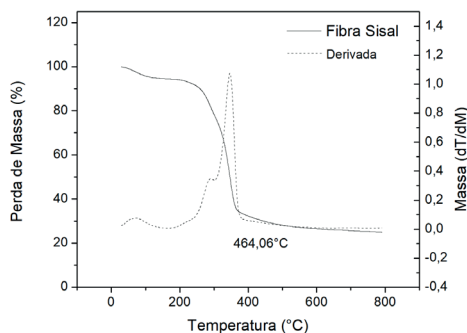
Figura 2: Caracterização Térmica Fibra de Sisal: Termograma DSC.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Os picos endotérmicos são consequência da desidratação dos constituintes da fibra de sisal e podem ser atribuídos à quebra de hidroxila da molécula de celulose resultando em água (HOSOKAWA *et al.*, 2017).

A curva termogravimétrica (TG/DTG) da fibra de sisal está representada abaixo e observa-se que, ocorreu perda de massa na faixa de temperatura de 30 a 220 °C, atribuída à perda de água presente nas fibras devido às reações de desidratação intramolecular e intermolecular.

Figura 3: Caracterização Térmica Fibra de Sisal : Curva Termogravimétrica TG/DTG.



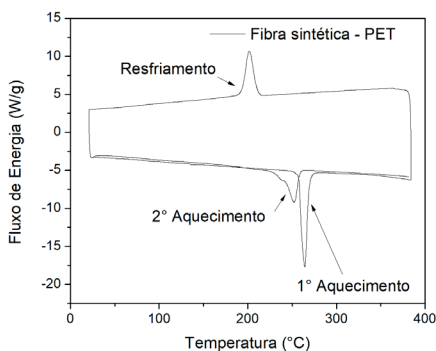
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Percebe-se, que a degradação da fibra de sisal inicia-se aproximadamente em 250 °C e continua gradativamente com o aumento da temperatura, resultando em perda de até 70% até aproximadamente 400 °C. Após essa temperatura, a perda de massa entre 400 °C até cerca de 520 °C é pequena, devido à lenta taxa de decomposição dos resíduos. A curva apresentou dois picos distintos com máximos em cerca de 310 e 375 °C, indicando que ocorrem duas etapas na degradação térmica da fibra. O primeiro pico é atribuído à decomposição de componentes da hemicelulose, e observa-se que na faixa de temperatura de 220 a 330 °C ocorre degradação lenta com perda de massa de 18%. A degradação da celulose ocorre em temperaturas mais altas em relação a hemicelulose e a taxas mais rápida de decomposição, o principal pico inicia-se em 330 °C e finaliza em cerca de 420 °C sendo que seu máximo ocorre na

temperatura de 375 °C. Em aproximadamente 106 °C há uma curva que está relacionada à perda de umidade (TEIXEIRA *et al.*, 2019).

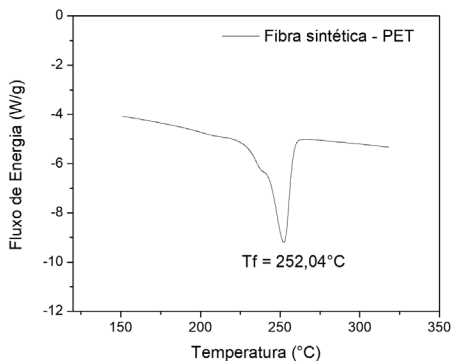
Nas Figuras a seguir são apresentados os resultados obtidos com o DSC realizado para a fibra de PET. A Figura 4 ilustra o termograma obtido por DSC para os três estágios: aquecimento-resfriamento-aquecimento. No entanto, o primeiro aquecimento teve como objetivo destruir a história térmica do material, sendo assim os eventos de fusão serão considerados apenas para o segundo aquecimento que está detalhado na Figura 5.

Figura 4: Termograma DSC Fibra PET: Termograma completo.

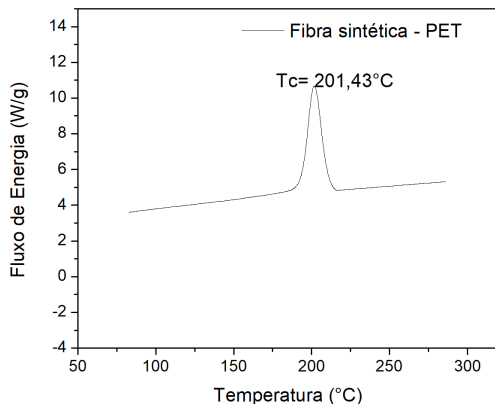


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 5: Termograma DSC Fibra PET: Detalhe pico fusão.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 6: Termograma DSC Fibra PET: Detalhe pico cristalização.

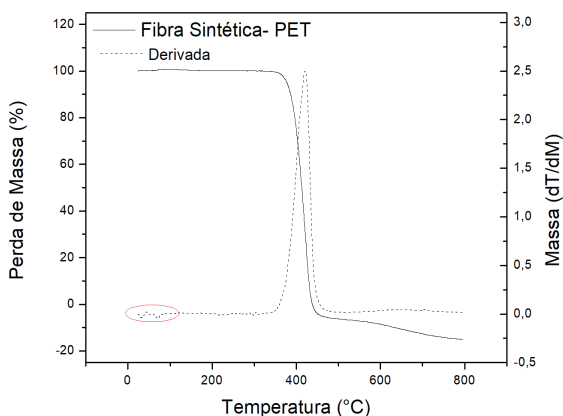
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O PET tem uma temperatura de transição vítrea (T_g) em torno de 70°C , onde a T_g é apresentada no gráfico como uma mudança de linha de base (BETIOLI, 2003). No entanto, a T_g não foi identificada na fibra utilizada, possivelmente alguma etapa do processo deve ter diminuído a T_g da fibra de PET para temperaturas menores que a utilizada no ensaio. A Figura 4 apresenta os valores obtidos para a temperatura de fusão cristalina (T_f) das fibras de PET, observa-se que a fusão da amostra se inicia em $193,99^\circ\text{C}$ e termina em $269,92^\circ\text{C}$, a temperatura de fusão da amostra no máximo do pico do termograma foi de $252,04^\circ\text{C}$. Estes valores estão condizentes com os apresentados na literatura por Betioli (2003).

A Figura 6 apresenta o pico de cristalização em destaque, como a cristalização ocorre durante o ciclo de resfriamento, logo a temperatura inicial de cristalização é maior que a temperatura final. A temperatura de início da cristalização de acordo com o termograma é em $215,71^\circ\text{C}$ terminando na temperatura de $168,13^\circ\text{C}$, sendo que a temperatura de cristalização (T_c) no máximo do pico foi de $201,43^\circ\text{C}$. Estes resultados também estão alinhados com os encontrados por Betioli (2003).

A curva termogravimétrica da fibra de PET é apresentada na Figura 7, observa-se na curva da derivada a formação de pequenos picos até aproximadamente 100 °C (circulados em vermelho), sendo que estes podem estar relacionados com a perda de umidade da amostra. A estabilidade térmica da fibra de PET é mantida até aproximadamente 325,44 °C, a partir desta temperatura ela perde toda a sua massa em uma única etapa até 464,06 °C.

Figura 7: Curva termogravimétrica da Fibra de PET.



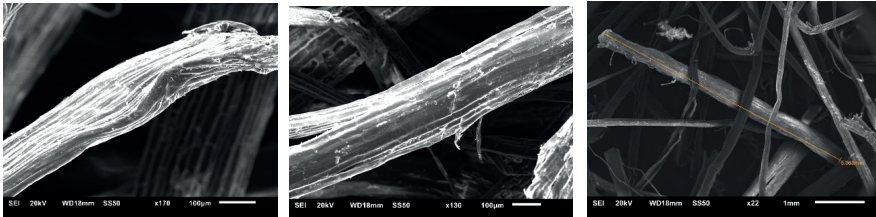
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos por Banach *et al.* (2011), que relataram que a sua amostra de PET não apresentou variação de massa até a temperatura de 350 °C, quando se inicia a perda de massa da amostra que termina em 510 °C, na qual 88% da massa inicial da amostra é perdida.

Morfologia: Através das micrografias representadas obtidas por MEV, é possível verificar a superfície longitudinal da fibra de sisal. Nas Figuras 6a e 6b pode-se observar que as fibras usadas nesse estudo apresentam seção angular ou quase cilíndrica, com diâmetro de 100 a 200 μm e os resíduos superficiais e as células parênquimas distribuí-

das igualmente ao longo da fibra. Esses resíduos prejudicam a interação da fibra/matriz em um compósito polimérico. De acordo com Martins (2004), as fibras de sisal são formadas por um feixe composto de células individuais denominadas fibras elementares ou microfibrilas, unidas entre si pela lignina e polioses, de maneira a formar filamentos contínuos em todo o sentido do comprimento da fibra e proporcionando uma certa rigidez à fibra.

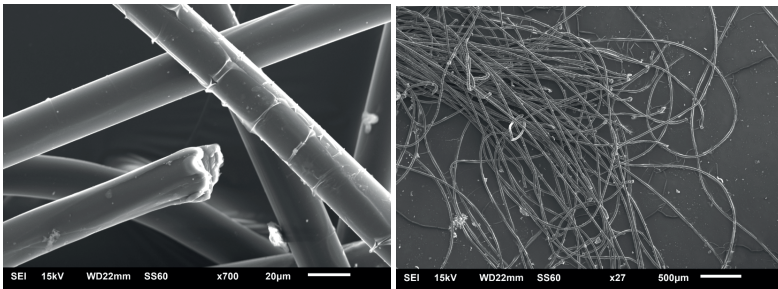
Figura 8 - MEV da Fibra de sisal aumento: a) 130x; b) 170x; c) 22x.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As imagens da Figura 9 mostram as micrografias da fibra de PET. Verifica-se nas micrografias uma superfície lisa, porém estas fibras apresentam em certos pontos pequenos defeitos superficiais. Na Figura 8a, onde a imagem com maior aumento foi obtida (700x), observa-se que as fibras utilizadas nessa pesquisa apresentam uma seção transversal circular, com um diâmetro entre 20 e 30µm.

Figura 9- MEV da Fibra de PET aumento: a) 700x; b) 27x.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Assim como os resultados obtidos por Betioli (2003), a causa desses defeitos superficiais ou incrustações na superfície das fibras não são precisamente definidos, eles podem surgir durante o processo de obtenção das fibras ou em algum processo de secagem com a remoção de líquidos do interior delas.

Considerações finais

Através das técnicas de caracterizações utilizadas pode-se concluir previamente que as fibras selecionadas podem ser aplicadas na produção de compósitos com polímeros termofixos. A fibra de sisal apresentou propriedades dentro da faixa relatada na literatura, com estabilidade térmica e densidade adequadas e aspectos morfológicos favoráveis a adesão. No entanto, por se tratar de um material lignocelulósico, deve ser submetido a um processo de secagem antes da mistura com o polímero por apresentar umidade. Quanto à fibra de PET verificou-se baixa umidade, não sendo necessário processo de secagem para incorporação na matriz polimérica. Esta fibra também apresenta maior estabilidade térmica que a fibra de sisal, porém a sua superfície lisa pode dificultar o ancoramento com a matriz e, conseqüentemente, a adesão entre as fases.

As fibras estudadas apresentaram vantagens ao serem utilizadas na produção de um novo material, como um compósito, principalmente por satisfazer uma demanda da sociedade que busca utilizar materiais com contexto sustentável, e pela utilização de um resíduo industrial e, desta forma, contribuir com a diminuição do impacto ambiental.

Referências

BANNACH, Gilbert; LINI PERPÉTUO, Glauco; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes; CAVALHEIRO, Carla Cristina Schmitt; ROCHA, Rafael Rodrigo.

Efeitos da história térmica nas propriedades do polímero PET: um experimento para ensino de análise térmica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1825-1829, 2011.

BARBOSA, Josiane. D. V.; AZEVEDO, Joyce. B., CARDOSO, Pollyana, Silva, M.; GARCIA FILHO, Fabio, C.; DEL RIO, Tereza. G. (2020). Development and characterization of WPCs produced with high amount of wood residue. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, n. 5, p.9684-9690, 2020.

BETIOLI, Andrea Murillo. **Degradação de fibras de PET em materiais à base de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BICALHO, Luciana Assumpção. **Caracterização termo-óptica quantitativa de fibras de poliéster e seus compósitos com polietileno**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, 2015.

CARVALHO, Gizilene M.; ALONSO, Janaína G.; MOLINA, Elisabeth C.; MUNIZ, Edvani C.; RUBIRA, Adley F. Modificação química de poli (tereftalato de etileno) pós-consumo por reação com ácido sulfúrico: estrutura e propriedades. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 27-32, 2013.

CÉSAR, Janaína; DE PAOLI, Marco-Aurélio; DE ANDRADE, João Carlos. A determinação da densidade de sólidos e líquidos. **Revista Chemkeys**, n. 7, p. 1-8, 2004.

DANIEL, Isaac M.; ISHAI, Ori. **Engineering mechanics of composite materials**. New York: Oxford university press, 1994.

DE PAOLI, Marco Aurelio. **Degradação e estabilização de polímeros**, São Paulo: Artliber Editora, 2008.

FABIYI, James S., McDONALD, Armando G., MORRELL, Jeffrey J., FREITAG, Camille. Effects of wood species on durability and chemical changes of fungal decayed wood plastic composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 42, n. 5, p. 501-510, 2011.

FREIRE, Maria Teresa de A.; REYES, Felix GR; CASTLE, Laurence. Estabilidade térmica de embalagens de poli (tereftalato de etileno (PET): determinação de Oligômeros. **Polímeros**, v. 8, n. 1, p. 46-53, 1998.

HOSOKAWA, Meire Noriko, DARROS, Andressa Bella, MORIS, Virgínia Aparecida da Silva, PAIVA, Jane Maria Faulstich. Polyhydroxybutyrate composites with random mats of sisal and coconut fibers. **Materials Research**, v. 20, n. 1, p. 279-290, 2017.

HSISSOU, Rachid; SEGHIRI, Rajaa; BENZEKRI, Zakaria; HILALI, Miloudi; RAFIK, Mohamed; ELHARFI, Ahmed. Polymer composite materials: A comprehensive review. **Composite Structures**, v. 262, 113640, 2021.

LIN, Alexander. YU, Kiat, T.; CHI-HWA, Wang. KUA, Harn, W.; TAYLOR, Hayden. Utilization of waste materials in a novel mortar-polymer laminar composite to be applied in construction 3D-printing. **Composite Structures**, v. 253, 112764, 2020.

MARINUCCI, Gerson. **Materiais compósitos poliméricos: Fundamentos e tecnologia**. São Paulo: Artliber Editora, 2011.

MARTINS, Gilson S. IOZZI, Marco A.; MARTINS, Maria A.; MATTOSO, Luiz H. C.; FERREIRA, Fábio C. Caracterização mecânica e térmica de compósitos de poli (cloreto de vinila) reforçados com fibras de sisal. **Polímeros**, v. 14, n. 5, p. 326-333, 2004.

MOHAMMED, Layth, ANSARI, M. N.M, PUA, Grace, JAWAID, Mohammad, ISLAM, M. Saiful. A review on natural fiber reinforced polymer composite and its applications. **International Journal of Polymer Science**, v. 2015, p. 1-15, 2015.

NETO, Flaminio Levy; PARDINI, Luiz Claudio. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. Editora Blucher, 2016.

PAES, Reginaldo Alves. **Sisal: agricultura familiar**. Agricultura familiar. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fa2mhjl102wx5eo01xezlskdrfboi.html. Acesso em: 22 jun. 2020.

ROMÃO, Wanderson; SPINACÉ, Márcia AS; PAOLI, Marco-A. De. Poli (tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Polímeros**, v. 19, n. 2, p. 121-132, 2009.

SAPUAN, S. M., LEENIE, A., HARIMI, M., BENG, Y.K. Mechanical properties of woven banana fibre reinforced epoxy composites. **Materials & design**, v. 27, n. 8, p. 689-693, 2006.

SATHISHKUMAR, T. P., NAVANEETHAKRISHNAN, P., SHANKAR, S., RAJASEKAR, R., RAJINI, N. Characterization of natural fiber and composites- -A review. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 32, n. 19, p. 1457-1476, 2013.

SELZER RAYMANN, Felipe; PARISE, Maria Regina. Estudo da secagem de soja e feijão utilizando radiação infravermelha e estufa de circulação de ar. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p.81-89, 2011.

TANG, Xiaoning; YAN, Xiong. A review on the damping properties of fiber reinforced polymer composites. **Journal of Industrial Textiles**, v. 49, n. 6, p. 693-721, 2020.

TEIXEIRA, Felipe Pinheiro; GOMES, Otávio da Fonseca Martins; DE ANDRADE SILVA, Flavio. Degradation mechanisms of curaua, hemp, and sisal fibers exposed to elevated temperatures. **BioResources**, v. 14, n. 1, p. 1494-1511, 2019.

VIEIRA, Marília Motomura Gonçalves. **Desenvolvimento de compostos poliméricos biodegradáveis modificados com cargas e fibras naturais vegetais**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal de São Carlos, 2010.

O uso de resíduos de fibras sintéticas poliméricas

*Fabiane de Oliveira Santana
Joyce Mara Brito Maia
Matheus Vinicius Falcão Moreira
Brenda Melo Ferreira
Carlos Antônio Pereira de Lima
Keila Machado de Medeiros*

Introdução

A preocupação com o descarte correto dos resíduos industriais é uma responsabilidade das empresas em relação à proteção do meio ambiente e da saúde pública. Quando descartado de forma incorreta esses resíduos causam vários impactos negativos ao meio ambiente. Quando o resíduo industrial é reaproveitado os recursos naturais também são reaproveitados, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, pois serão descartados menos resíduos que levariam anos para serem decompostos pela natureza e seriam extraídos menos recursos naturais.

Os resíduos provenientes da fiação de fibras sintéticas de poliamida na maioria das vezes são reutilizados no seu próprio processo produtivo, mas se descartado sem tratamento prévio pode acarretar problemas ambientais, pois o seu tempo de decomposição é muito longo, podendo chegar a 30 anos (ANNIS, 2012; KIRSTEIN, 2013; WARD-MAN, 2018). Uma alternativa para o aproveitamento desses resíduos industriais poliméricos é a sua utilização para o desenvolvimento de membranas.

Os processos convencionais de separação para o tratamento de águas e efluentes incluem métodos químicos, centrifugação, ultra-

centrifugação, tratamentos térmicos, entre outros. Cada um desses processos tem sérias limitações, sejam de ordem química, energética, de tratamentos térmicos e mecânicos (SINGH, 2006; HENDRICKS, 2011).

Processos que vem recebendo crescente atenção devido à sua eficiência energética, pelo fato de ser uma tecnologia limpa, simplicidade de operação, vasta aplicabilidade, a possibilidade de combinação com outros processos, entre outras vantagens, são os que utilizam membranas como princípio de seu funcionamento (MEDEIROS *et al.*, 2018).

Membrana é uma barreira que separa duas fases e que restringe total ou parcialmente o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases (HABERT, BORGES e NÓBREGA, 2006).

A parcela da corrente de alimentação que permeia a membrana é conhecida como permeado, já a fração que não atravessa é chamada de concentrado ou não permeado. As membranas sintéticas surgem como uma tentativa de se obter características semelhantes às membranas naturais, em particular quanto as suas características únicas de seletividade e permeabilidade. Para tanto, houve a necessidade da compreensão do fenômeno de permeação e do desenvolvimento de técnicas no preparo de membranas sintéticas (BAKER, 2004).

Os materiais e os métodos empregados nas etapas de preparo das membranas desempenham um papel determinante nas suas propriedades desejáveis (permeabilidade, seletividade, resistência mecânica, estabilidade térmica, resistência química e resistência à formação de incrustações). As membranas sintéticas são preparadas a partir de duas classes distintas de materiais: os orgânicos e os inorgânicos (MULDER, 1996).

As membranas inorgânicas apresentam maior vida útil do que as membranas orgânicas. Entretanto, em virtude da maior versatilidade em se obter diferentes morfologias e de apresentarem menor cus-

to, as membranas poliméricas são as mais utilizadas, apresentando perspectivas significativas de crescimento em termos mercadológicos (GOHIL e RAY, 2017).

A inversão de fases é o método mais utilizado para obtenção de membranas poliméricas, que são produzidas por precipitação de uma solução polimérica espalhada como um filme fino ou extrusada como uma fibra oca, e posterior precipitação em um banho de não-solvente. A membrana é formada pela instabilização da solução e precipitação do polímero (KAUSAR, 2017). Esta técnica nos permite ampla modificação morfológica a partir de pequenas variações feitas nos parâmetros utilizados durante o processo de preparação das membranas.

Os polímeros sintéticos mais utilizados na preparação de membranas são a poliamida, polissulfona, poliacrilonitrila, policarbonato, polieterimida, poli (fluoreto de vinilideno), entre outros. Essas membranas apresentam não só melhor resistência química e térmica, mas também boa tolerância a compostos clorados, além de apresentar baixa compactação mecânica, podem ainda ser preparadas com solventes não aquosos (ANADÃO, 2010).

As poliamidas são materiais de alta resistência à tração, a abrasão, como também a fadiga, baixo coeficiente de atrito e boa tenacidade. Esta matriz vem sendo utilizada na obtenção de nanocompósitos poliméricos, onde têm apresentado melhores propriedades mecânicas, térmicas, de barreira, retardância à chama e estabilidade dimensional a baixos níveis de carga, quando comparados à matriz pura e aos compósitos convencionais (DEOPURA *et al.*, 2008; MCINTYRE, 2005).

O desenvolvimento crescente em nanocompósitos de matrizes poliméricas com materiais inorgânicos tem sido uma alternativa viável, além disso, permite, em muitos casos, encontrar uma relação entre baixo custo, devido à utilização de menor quantidade de carga, e elevado

nível de desempenho, que pode resultar na sinergia entre as propriedades dos componentes individuais (LEITE *et al.*, 2011).

Este fato demonstra a importância do estudo da inserção de membranas obtidas a partir de nanocompósitos poliméricos para a melhoria das propriedades e, conseqüentemente, obter uma maior eficiência nos processos de separação por membranas para diversas aplicações, desde os tratamentos de efluentes líquidos até separação de gases.

Diante do exposto, este capítulo mostra o reaproveitamento de fibras sintéticas de poliamida descartadas pela indústria para a obtenção de membranas microfiltrantes de compostos orgânico/inorgânico por meio da técnica de inversão de fases.

Materiais e métodos

A matriz polimérica utilizada foi à fibra sintética de poliamida (PA), proveniente de resíduos descartados pela indústria produtora de fios de nylon para reforço de pneus e produtos mecânicos de borracha. O material polimérico foi disponibilizado por uma indústria localizada em Camaçari - BA/Brasil.

Figura 1: Resíduo industrial de fibras sintéticas de poliamida 66.



Fonte: Autoral (2019).

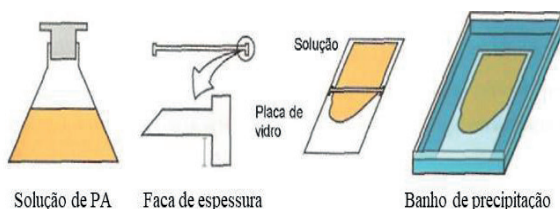
O ácido fórmico (AF) é um composto orgânico monocarboxílico, sua fórmula molecular é CH_2O_2 , com massa molar média de $46,03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. O AF com 85% de pureza P.A, fabricado pela Vetec produtos para laboratório Ltda, foi utilizado como solvente para dissolver a PA e os híbridos para a preparação das membranas.

O composto inorgânico utilizado como aditivo foi o cloreto de magnésio hexahidratado P.A, sólido cristalino branco ou incolor, de fórmula química $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, com massa molar média de $203,31 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, fabricado pela Vetec produtos para laboratório Ltda.

A nanopartícula inorgânica utilizada na preparação de membranas de nanocompósitos foi o dióxido de titânio, composto químico de cor branca e de baixo custo, sua fórmula é o TiO_2 , com massa molar média de $79,87 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. O TiO_2 utilizado tem o código P-25, identificado como Aerioxide® com grau de pureza de 99,5% na forma de pó fino, fornecido pela Evonik Industries Degussa. O TiO_2 além de ser particularmente útil para o tratamento de água, e nas membranas atua evitando incrustações e bloqueando a passagem de determinados contaminantes.

As membranas foram preparadas e obtidas no Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais do CETENS/UFRB. Para a obtenção das membranas microporosas poliméricas foi utilizada a técnica de inversão de fases através do processo de precipitação por imersão.

Figura 2: Esquema da obtenção da membrana de PA pela técnica de inversão de fases.



Fonte: Habert, Borges e Nóbrega (2006).

Inicialmente, foi estudado o percentual da fibra sintética de PA e do solvente (AF) com o intuito de investigar os mecanismos e parâmetros necessários para a otimização e, posterior, obtenção de seus híbridos. A fibra sintética de PA foi dissolvida em AF sob agitação constante e um tempo de reação pré-determinado de 24 h, avaliando a solução sem e com aquecimento a 50 °C.

A solução preparada foi espalhada, através de um bastão de vidro com espaçamento de aproximadamente 0,2 mm, em placa de vidro, e posteriormente, a membrana foi submetida a um banho de não-solvente, no caso água destilada, na temperatura ambiente, de forma que as placas ficassem completamente submersas. As membranas permaneceram no banho até que sua precipitação fosse concluída. Logo após, ela foi removida da placa, lavada com água destilada e posteriormente, foi seca à temperatura ambiente. Foram feitas variações no percentual da fibra sintética de PA (10, 15, 20 e 25%) e do AF (90, 85, 80 e 75%), e a partir das membranas obtidas foi selecionado os percentuais do polímero e do solvente mais adequado.

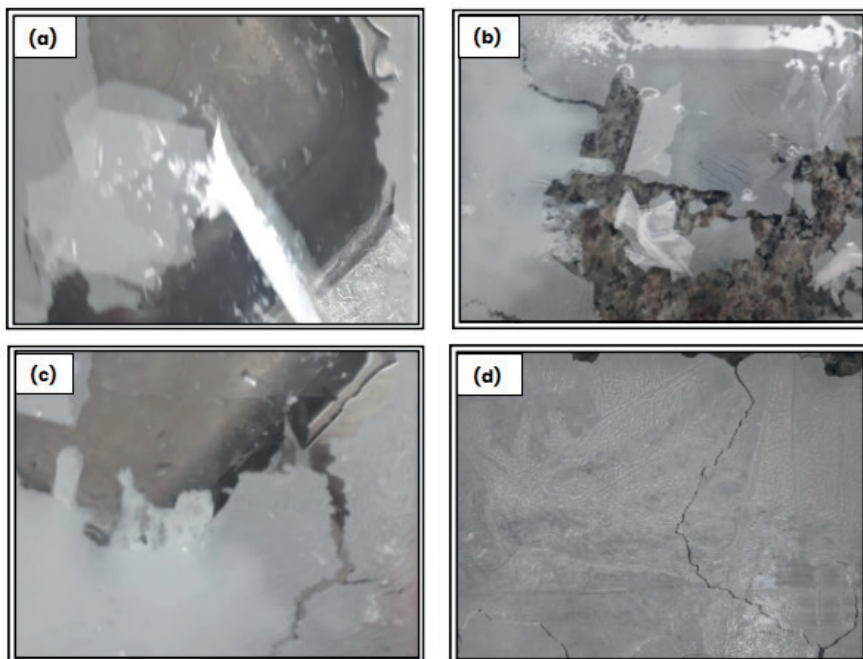
Caracterização das Membranas: A caracterização morfológica foi realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais - LCM da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais - UAEMa do Centro de Ciência e Tecnologia - CCT da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. As análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram obtidas no equipamento SSX 550 Superscan-Shimadzu. Foram avaliadas a superfície de topo e a seção transversal de todas as membranas obtidas.

Para análise da seção transversal, as amostras foram fraturadas em nitrogênio líquido para assim evitar sua deformação plástica. As membranas foram recobertas com ouro no Metalizador Shimadzu-IC-50, utilizando-se uma tensão de 15 kV e corrente de 4 mA por um período de 3 minutos.

Resultados e discussão

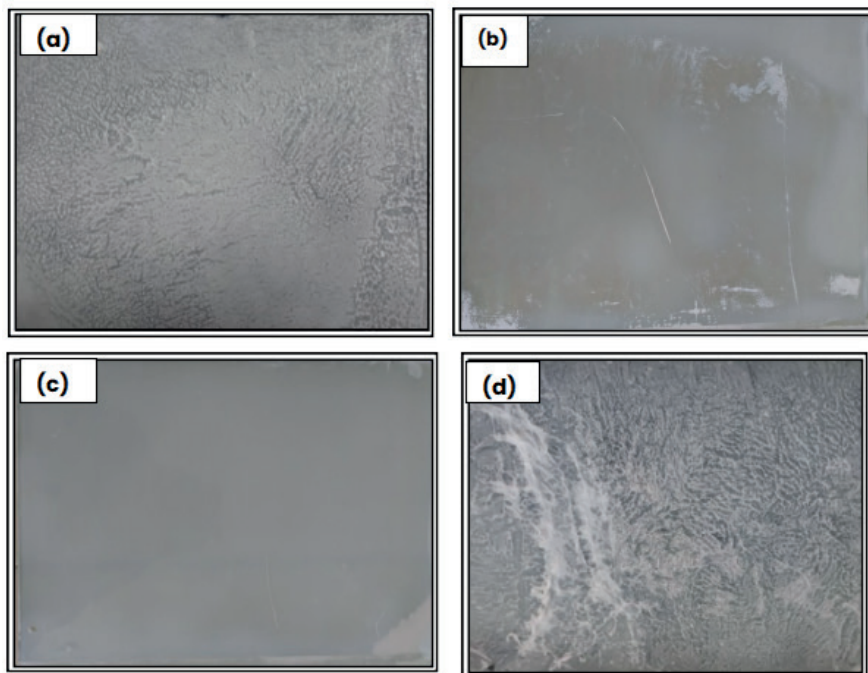
As variações realizadas no percentual da fibra de PA (10, 15, 20 e 25%) e do AF (90, 85, 80 e 75%), sob agitação constante, um tempo de reação pré-determinado de 24 h e aquecimento de 50 °C podem ser visualizadas na Figura 3. E nessas mesmas condições, sem aquecimento (Figura 4). Na Figura 3, foi verificada que não foi possível obter as membranas, devido à fibra sintética de PA, já ter passado por um histórico térmico na indústria, e quando ocorreu à solubilização da PA com o AF, independente das variações nos seus percentuais ocorreu diminuições das suas viscosidades, provavelmente devido ao aquecimento, impossibilitando as suas formações.

Figura 3: Fotos das membranas obtidas sob agitação e com aquecimento (50 °C) do PA/AF: (a) 10%PA/90%AF, (b) 15%PA/85%AF, (c) 20%PA/80%AF e (d) 25%PA/75%AF.



Fonte: Autoral (2019).

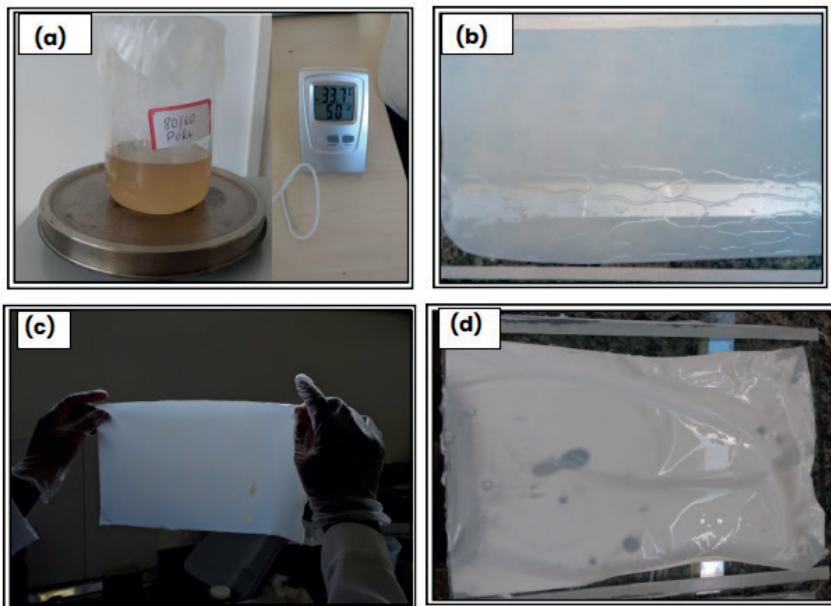
Figura 4: Fotos das membranas obtidas sob agitação e sem aquecimento do PA/AF: (a) 10%PA/90%AF, (b) 15%PA/85%AF, (c) 20%PA/80%AF e (d) 25%PA/75%AF.



Fonte: Autoral (2019).

Foi constatada que os percentuais da fibra de PA (10, 15 e 25%) e do AF (90, 85 e 75%), sob agitação constante e no tempo de reação pré-determinado de 24 h, acarretaram defeitos visuais na superfície destas membranas. Enquanto, a foto da membrana com o percentual de 20%PA/80%AF foi observado pela análise visual praticamente à ausência de defeitos, sendo a composição escolhida para a obtenção dos híbridos.

Figura 5: Fotos da membrana com 20%PA/80%AF, sob agitação e sem aquecimento: (a) preparação da solução, (b) precipitação na placa de vidro, (c) retirada da placa e (d) secagem na temperatura de 33,7 °C e umidade relativa do ar de 50%.



Fonte: Autorial (2019).

Diante do exposto, a composição de 20%PA/80%AF foi escolhida para a preparação dos híbridos, adicionando 10% de $MgCl_2$ e 1, 3, 5% em massa de TiO_2 na preparação das soluções. A escolha de 10% de $MgCl_2$ foi baseada na literatura conforme relatado por Medeiros (2014). Além disso, a introdução do cloreto de magnésio e dióxido de titânio foi para atuarem como agente porogênico e auxiliarem na formação de poros.

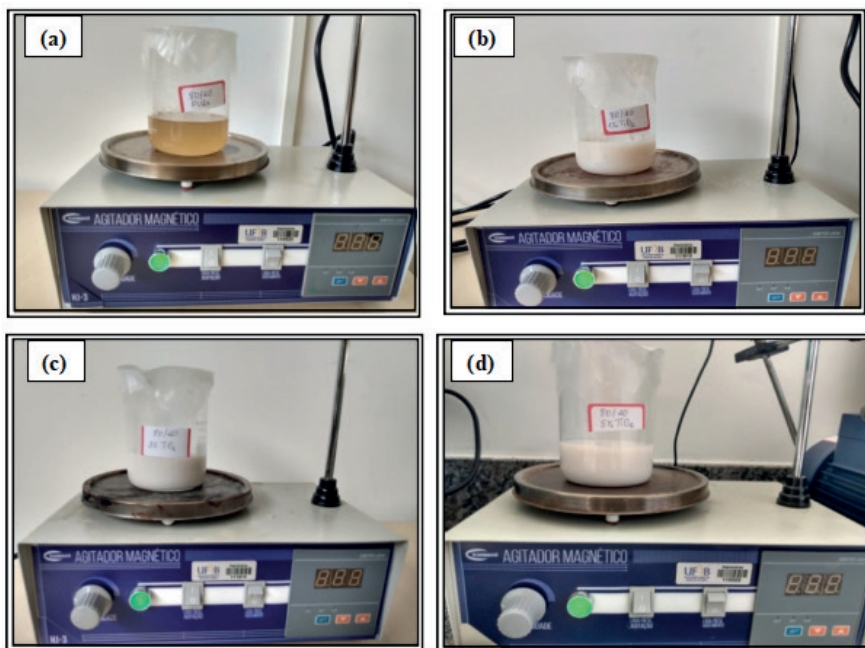
As composições estão discriminadas na Tabela 1. A Figura 6 apresenta a preparação das soluções escolhidas, para obtenção das membranas. E a Figura 7 ilustra as fotos das membranas de PA pura/ $MgCl_2$ e híbridas de PA/1% $TiO_2/MgCl_2$, PA/3% $TiO_2/MgCl_2$ e PA/5% $TiO_2/MgCl_2$.

Tabela 1: Composição das membranas de PA e de seus respectivos híbridos.

Membranas	% TiO ₂	AF (g)	PA (g)	TiO ₂ (g)
PA pura/MgCl ₂	0	80	20,0	-
PA/1% TiO ₂ /MgCl ₂	1	80	19,8	0,2
PA/3% TiO ₂ /MgCl ₂	3	80	19,4	0,6
PA/5% TiO ₂ /MgCl ₂	5	80	19,0	1,0

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Figura 6: Fotos da preparação das soluções das membranas, sob agitação por 24 horas: (a) PA pura/MgCl₂, (b) PA/1% TiO₂/MgCl₂, (c) PA/3% TiO₂/MgCl₂ e (d) PA/5% TiO₂/MgCl₂.



Fonte: Autoral (2019).

Figura 7: Fotos das membranas polimérica e híbridas: (a) PA pura/MgCl₂, (b) PA/1% TiO₂/MgCl₂, (c) PA/3% TiO₂/MgCl₂ e (d) PA/5% TiO₂/MgCl₂.



Fonte: Autoral (2019).

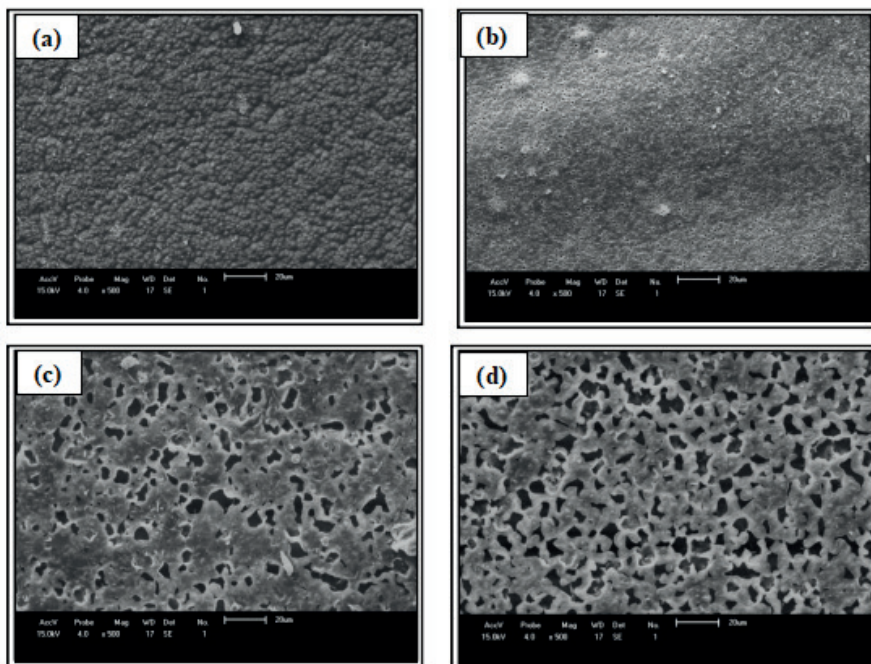
Foi possível observar a obtenção das membranas praticamente sem defeitos, além disso, na foto da membrana de PA pura/MgCl₂, Figura 7 (a), foi visto um aspecto mais opaco. Enquanto, nas fotos das membranas de PA/1%TiO₂/MgCl₂, PA/3% TiO₂/MgCl₂ e PA/5% TiO₂/MgCl₂, Figuras 7 (b), (c) e (d), respectivamente, foi visualizado um aspecto branco leitoso, e esse aspecto mais esbranquiçado ficou mais evidente com o aumento do percentual de TiO₂, por se tratar de um composto inorgânico de cor branca.

A Figura 8 e 9 apresentam as fotomicrografias obtidas por MEV da superfície de topo e seção transversal das membranas de PA pura/MgCl₂, PA/1%TiO₂/MgCl₂, PA/3%TiO₂/MgCl₂ e PA/5% TiO₂/MgCl₂. As imagens foram obtidas com um aumento na superfície de topo de 500

vezes, enquanto na seção transversal foram obtidas com um aumento de 300 vezes.

Nas fotomicrografias obtidas por MEV (Figura 8) foram observadas membranas microporosas assimétricas com uma camada seletiva (pele filtrante) na parte superior e uma camada porosa na parte inferior. Na seção transversal, ainda é possível observar uma variação no tamanho dos poros ao longo de sua espessura, com poros de formatos esféricos e colunares distribuídos de maneira uniforme. Dessa diferença de morfologia na seção transversal é que surge a seletividade da membrana. Este resultado também foi verificado por Polleto *et al.* (2010) e Nikkola *et al.* (2014).

Figura 8: Fotomicrografias obtidas por MEV da superfície de topo das membranas polimérica e híbridas: (a) PA pura/MgCl₂, (b) PA/1% TiO₂/MgCl₂, (c) PA/3% TiO₂/MgCl₂ e (d) PA/5% TiO₂/MgCl₂.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Pode-se verificar que na etapa de solubilização para a obtenção da membrana de PA pura, ocorreram interações específicas entre estes compostos orgânicos polares por apresentarem semelhança química e estrutural, facilitando a dissolução da PA no AF à temperatura ambiente. Na etapa de exposição da membrana antes da precipitação, iniciou-se a evaporação do solvente volátil, favorecendo o aumento da concentração da PA na superfície da membrana. Esta característica também foi verificada por Cheng *et al.* (2006) e Lin *et al.* (2006).

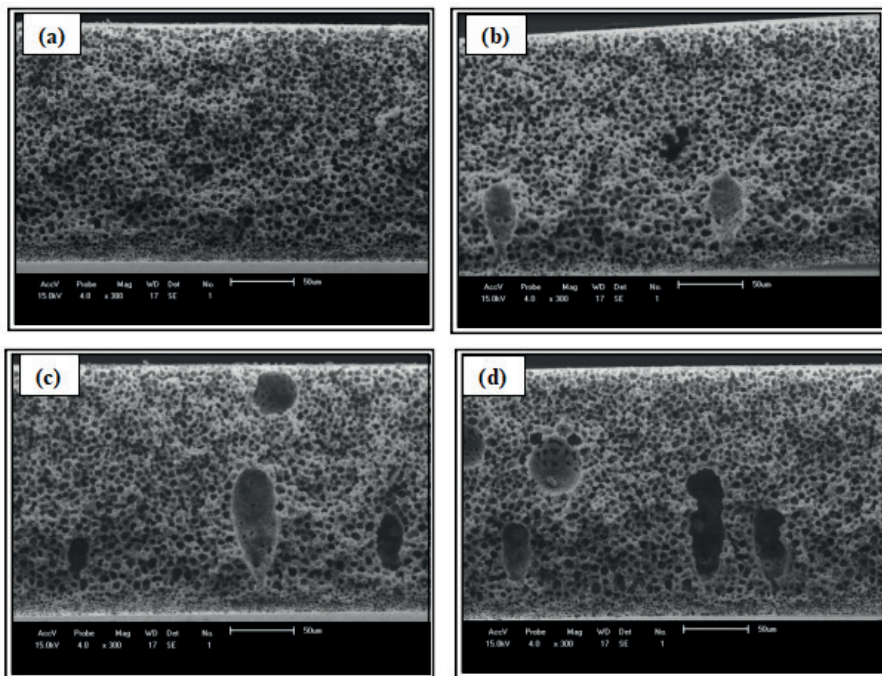
Na etapa da troca do solvente (AF) pelo não-solvente (água), é importante destacar que a membrana de PA pura, levou um tempo mais prolongado para a sua precipitação completa, se comparado com a obtenção das membranas híbridas com 1, 3 e 5% de TiO₂. Esta precipitação mais lenta influenciou diretamente na obtenção de uma estrutura de células mais fechada, com poros muito pequenos ou pouca quantidade destes presentes na superfície de topo. Este resultado está de acordo com o reportado por Leite *et al.* (2010), Kong *et al.* (2011) e Ma *et al.* (2012).

A redução dos movimentos segmentais da PA provocou formação de uma barreira, impedindo a difusão do solvente e não-solvente por este caminho, permitindo que esta troca e precipitação da membrana ocorresse preferencialmente e de forma mais rápida, pelas laterais e pela parte inferior da membrana. Portanto, este processo resultou na formação de uma estrutura com poros interconectados de formato esférico e bem distribuídos provenientes da camada porosa, mostrada ao longo de sua seção transversal. Este efeito também foi reportado por Medeiros *et al.* (2017).

A adição de 1, 3 e 5% em massa de TiO₂ na membrana de PA provocou uma modificação morfológica na sua superfície, apresentando uma estrutura com poros mais abertos e em maior quantidade. Além disso, a adição de partículas de TiO₂ favoreceu a obtenção de mem-

branas microporosas e sua aplicação em processos de microfiltração. A adição de partículas de TiO_2 em membranas também foi mencionada por Tayefeh *et al.* (2015), Dinari e Haghighi (2017) e Zarshenas *et al.* (2020).

Figura 9: Fotomicrografias obtidas por MEV da seção transversal das membranas polimérica e híbridas: (a) PA pura/ MgCl_2 , (b) PA/1% TiO_2 / MgCl_2 , (c) PA/3% TiO_2 / MgCl_2 e (d) PA/5% TiO_2 / MgCl_2 .



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Para todas as seções transversais (Figura 9), observou-se a formação de macrovazios com o formato de *fingers*. Porém, esses poros permaneceram internamente interconectados, podendo ser atribuídos à presença de um maior volume de gases aprisionados na solução polimérica. Este comportamento foi verificado no interior da camada porosa, e ocorreu provavelmente em virtude de uma precipitação mais

lenta na obtenção destas membranas. Este fato também foi retratado por Leite *et al.* (2012), que realizaram um estudo morfológico sobre a PA, constatando que a diminuição da resistência mecânica da membrana está associada com a presença de estruturas esponjosas e regiões que tenham macrovazios.

Considerações finais

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que foi possível obter membranas poliméricas pela técnica de inversão de fases, dando uma aplicação as fibras de poliamida descartadas pela indústria. Os percentuais dos constituintes e a temperatura de operação utilizada na obtenção das soluções poliméricas influenciaram diretamente na formação das membranas, sendo que as variações de 20%PA, 80%AF e a temperatura ambiente foram as mais adequadas. As fotomicrografias de MEV indicaram uma morfologia microporosa assimétrica com a formação de uma pele filtrante e um suporte poroso ao longo de suas seções transversais. A introdução de 1, 3 e 5% de TiO₂ na matriz polimérica resultou em um aumento da quantidade e distribuição dos poros, e este aumento foi diretamente proporcional ao percentual da carga inorgânica, favorecendo a obtenção de membranas para aplicação em processos de microfiltração.

Referências

ANADÃO, P. **Ciência e Tecnologia de Membranas**. 1ª edição, São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2010.

ANNIS, P. A. **Understanding and Improving the Durability of Textiles**. 289p., Woodhead Publishing:WP Limited, Cambridge, UK, 2012.

BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**. Second Edition, John Wiley & Sons Inc, 2004.

CHENG, L. P.; LIN, D. J. L.; CHANG, C. L.; LEE, C. K. Fine Structure and Crystallinity of Nylon 66 Membranes Prepared by Phase Inversion in the Water/Formic Acid/Nylon 66 System. **European Polymer Journal**. v. 42, p. 356–367, 2006.

DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. DEOPURA, B. L. **Polyesters and Polyamides**. Polyamide fibers. (Ed.). CRC Press LLC. 609p., Woodhead Publishing, p. 41–61, 2008.

DINARI, M.; HAGHIGHI, A. Surface modification of TiO₂ nanoparticle by three dimensional silane coupling agent and preparation of polyamide/modified-TiO₂ nanocomposites for removal of Cr (VI) from aqueous solutions. **Progress in Organic Coatings**, v. 110, p. 24–34, 2017.

GOHIL, J. M.; RAY, P. A Review on Semi-Aromatic Polyamide TFC Membranes Prepared By Interfacial Polymerization: Potential For Water Treatment And Desalination. **Separation and Purification Technology**, v. 181, p. 159–182, 2017.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NÓBREGA, R. **Processo de Separação com Membranas**. 180p., 1ª edição, Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda. 2006.

HENDRICKS. D. **Fundamentals of Water Treatment Unit Processes**: Physical, Chemical, and Biological. 883p., Boca Raton: IWA Publishing, 2011.

KAUSAR. A. Phase Inversion Technique-Based Polyamide Films and Their Applications: A Comprehensive Review. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, v. 56, n.13, p. 1421–1437, 2017.

KIRSTEIN, T. **Multidisciplinary Know-How For Smart-Textiles Developers**. First Edition. Woodhead Publishing:WP Limited, Cambridge, UK, 2013.

KONG, C.; KOUSHIMA, A.; KAMADA, T.; SHINTANI, T.; KANEZASHI, M.; YOSHIOKA, T.; TSURU, T. Enhanced Performance of Inorganic-Polyamide Nanocomposite Membranes Prepared by Metal-Alkoxide-Assisted Interfacial Polymerization. **Journal of Membrane Science**. v. 2011.

LEITE, A. M. D.; MEDEIROS, K. M.; ARAÚJO, E. M.; MAIA, L. F.; LIRA, H. L. & PAZ, R. A. Membranes from nylon6/regional bentonite clay. **Materials Science Forum**, v. 660-661, p. 784-787, 2010.

LEITE, A. M. D.; ARAÚJO, E. M.; MEDEIROS, V. N.; PAZ, R. A. & LIRA, H. L. Abbass Hashim. (Org.). **Advances in Nanocomposite Technology**. Rijeka, Croatia: InTech Publishers, p. 115-130, 2011.

LEITE, A. M. D.; MAIA, L. F.; MEDEIROS, V. N.; ARAÚJO, E. M.; LIRA, H. L. **Nanocompósitos de PA6 e PA66/argila: Obtenção e Aplicação em Membranas**. In: Nanocompósitos Poliméricos - Pesquisas na UFCG com Argilas Bentoníticas. 1ª Edição - Campina Grande: Edufcg, Cap. 6, v. 1, p. 135-148, 2012.

LIN, D. J.; CHANG, C. L.; LEE, C. K.; CHENG, L. P. Fine structure and crystallinity of porous Nylon 66 membranes prepared by phase inversion in the water/formic acid/ Nylon 66 system. **European Polymer Journal**. v. 42, p. 356-367, 2006.

MA, N.; WEI, J.; LIAO, R.; TANG, C. Y. Zeolite-Polyamide Thin Film Nanocomposite Membranes: Towards Enhanced Performance for Forward Osmosis. **Journal of Membrane Science**. v. 405-406, p. 149-157, 2012.

MCINTYRE, J. E. **Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin**. 309p., First published, Woodhead Publishing Ltda and CRC Press LLC, 2005.

MEDEIROS, K. M.; ARAÚJO, E. M.; LIRA, H. L.; LIMA, D. F.; LIMA, C. A. P. Hybrid membranes of polyamide applied in treatment of waste water. **Materials Research**, v. 20, p. 308-316, 2017.

MEDEIROS, K. M.; ARAÚJO, E. M.; LIRA, H. L.; LIMA, D. F.; LIMA, C. A. P.; LIMA, G. G. C. Analysis of pore size of hybrid membranes for separation of microemulsions. **Desalination and Water Treatment**, v. 110 p. 65-75, 2018.

MULDER, M. **Basic Principles of Membrane Technology**. Netherlands. Second Edition. Kluwer Academic Publishers, 1996.

NIKKOLA, J.; SIEVÄNEN, J.; RAULIO, M.; WEI, J.; VUORINEN, J.; TANG, C. Y. Surface Modification of Thin Film Composite Polyamide Membrane Using Atomic Layer Deposition Method. **Journal of Membrane Science**, v. 450, p. 174-180, 2014.

POLETTI, P.; DUARTE, J.; THÜRMER, M. B.; ZENI, M. Estudo de Membranas de Poliamida Preparadas pelo Método de Inversão de Fases a partir do Sistema Ternário Água/Ácido Clorídrico/Poliamida66. **Revista Iberoamericana de Polímeros**. v. 11, n. 7, p. 550-557, 2010.

SINGH, R. **Hybrid Membrane Systems for Water Purification: Technology, Systems, Design and Operations**. Elsevier Science & Technology Books, 2006.

TAYEFEH, A.; MOUSAVI, S. A.; WIESNER, M.; POURSALEHI, R. Synthesis and Surface Characterization of Magnetite-Titania Nanoparticles/Polyamide Nanocomposite Smart RO Membrane. **Procedia Materials Science**, v. 11, p. 342-346, 2015.

WARDMAN, R. H. **An Introduction to Textile Coloration: Principles and Practice**. First Edition, John Wiley & Sons Ltd, Cambridge, UK, 2018.

ZARSHENAS, K.; JIANG, G.; ZHANG J.; JAUHAR M. A.; CHEN Z. Atomic scale manipulation of sublayer with functional TiO₂ nanofilm toward high-performance reverse osmosis membrane. **Desalination**, v. 480, article 114342, 2020.

Redução do consumo de energia elétrica no CETENS

*Francis Valter Pêpe França
Juliana Souza de Jesus Silva
Clenilton de Sousa Alves*

Introdução

Atualmente, a geração de energia hidroelétrica ocupa o maior percentual na matriz energética do Brasil, e o aumento do consumo de energia elétrica ou o rebaixamento do nível dos reservatórios implica a entrada em operação das termoelétricas para o complemento da oferta de energia no sistema. Sendo assim, a redução do consumo de água e energia elétrica no Brasil provoca redução de emissões de dióxido de carbono com o retardo ou a diminuição do tempo de ativação das termoelétricas que queimam toneladas de combustíveis fósseis na sua operação.

Todas as sugestões apresentadas neste capítulo contribuem para a diminuição da demanda por energia elétrica e a partir disso, a redução de impactos ambientais e econômicos causados pela ampliação da rede de usinas de energia, além de buscar evitar a necessidade do acionamento das termelétricas, contribuindo com a redução de emissões de gases poluentes e sustentabilidade energética e ambiental. Foi levado em consideração o custo de implantação, o período de retorno do investimento, tecnologias que envolvem adoção de placas fotovoltaicas, iluminação usando LED e condicionadores de ar do tipo inverter.

Métodos

Os estudos realizados foram feitos com base em informações obtidas através de investigações práticas, revisão de literatura e dados encontrados nos próprios aparelhos analisados, no sentido de sugerir a adoção de placas fotovoltaicas, iluminação usando lâmpadas LED e condicionadores de ar tipo *inverter*, visando diminuir o consumo de energia, reduzir os gastos mensais do CETENS.

A primeira análise consistiu em estudar a viabilidade da instalação de lâmpadas modelo LEDS em todas as salas do CETENS, e utiliza como base o PI: Estudo da Viabilidade da Instalação de Lâmpadas Modelo LEDs, no CETENS, orientado pelo coordenador deste projeto de pesquisa, que analisou quatro salas (FRANÇA, 2017). As lâmpadas incandescentes e fluorescentes, conhecidas como lâmpadas convencionais, utilizam, em sua estrutura, ligamentos metálicos e fazem descargas de gases.

Uma recente tecnologia no âmbito de iluminação de ambientes é o sistema LED (Light Emitter Diode), que significa diodo emissor de luz, e é um dispositivo eletrônico que transforma energia elétrica em luz. Quanto mais potência tem uma lâmpada, maior é seu consumo de energia elétrica. As luzes LED por serem mais eficientes, utilizam muito menos energia. O investimento nesses novos sistemas, comprovadamente mais econômicos, ajuda na redução significativa do consumo de energia, com intuito de reduzir custos e diminuir o impacto socioambiental (UNICAMP, 2018).

A Segunda análise visou estudar as vantagens da instalação de condicionadores de ar, modelos tipo *inverter*, em todas as salas do CETENS, utilizando como base o PI: Estudo da Viabilidade da Instalação de Condicionadores de Ar, Modelos Tipo Inverter, no CETENS (FRANÇA, 2016), através de cálculos para estimar o custo e consumo mensal dos

aparelhos de ar-condicionado instalados em três salas de aula. O sistema instalado nos aparelhos de ar-condicionado convencionais faz com que o compressor ligue e desligue enquanto está em atividade, este processo de religação consome mais energia até atingir a temperatura programada. Com a utilização da tecnologia *inverter*, o mesmo dispositivo funciona com a rotação variando, alcança a temperatura mais rápido e a mantém, sem precisar religar. Desta forma, a quantidade de partidas do motor do aparelho é menor (momento de maior gasto energético), provocando redução no consumo de energia (DIAS, 2014).

A terceira análise consistiu em estudar e atualizar a verificação da viabilidade da instalação de painéis solares na área de convivência do CETENS, e utiliza como base o PI: Estudo da Implantação de Painéis Solares nas Futuras Instalações da Área de Convivência do CETENS (FRANÇA, 2016), através de um estudo sobre a possibilidade de utilizar painéis fotovoltaicos, para gerar a energia necessária para carregar eletroeletrônicos, na área de convivência, que no período em que o projeto foi feito, ainda estava sendo construída.

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016), o potencial de aproveitamento do recurso solar disponível no país é mais elevado no estado da Bahia. Neste sentido, buscou-se analisar a viabilidade de implantação de painéis fotovoltaicos, para carregar eletroeletrônicos, no centro de convivência da sede provisória do CETENS.

Nos estudos sobre a implantação de lâmpadas LED, dados como potência, fluxo luminoso, temperatura da cor e modelo, foram encontrados nos sites dos fabricantes, e a partir deles foram calculados o custo e consumo mensal das lâmpadas nas salas e laboratórios do CETENS (G-LIGHT, 2017). Depois disso, houve a comparação do custo mensal

com energia elétrica entre as lâmpadas atuais (fluorescentes) e das lâmpadas com a tecnologia proposta (LED), e então, foi determinado através da análise de viabilidade econômica se o projeto e o investimento na nova tecnologia são viáveis.

Na análise de viabilidade de instalação de condicionadores de ar com tecnologia *inverter*, foi realizada uma comparação do custo mensal entre os atuais aparelhos utilizados no Centro e os aparelhos com a tecnologia proposta.

Também foram realizados cálculos para estimar o tempo de retorno do investimento realizado a partir da compra desses aparelhos. E por fim, foi feita uma simulação comparativa entre duas possibilidades: a substituição dos atuais aparelhos já instalados e a implantação dos aparelhos com *inverter* nas salas e laboratórios do novo pavilhão do CETENS.

Com relação ao estudo da implantação de painéis solares na área de convivência do CETENS, foi feita uma análise do projeto executivo da área de convivência, para analisar a possibilidade de instalação de painéis fotovoltaicos no telhado dessa estrutura.

Através de cálculos de consumo dos eletroeletrônicos considerados no projeto, foi possível mensurar o consumo mensal e anual em kWh, além dos custos financeiros. Para determinar o tamanho da usina de microgeração fotovoltaica do sistema, a ferramenta utilizada foi o simulador disponível no site do Portal Solar (PORTAL SOLAR, 2018).

Em todos os estudos, foi adotado o valor de R\$ 0,43038 por kWh consumido, tarifa (praticada à época do estudo) usada pela COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia para o consumo de pessoa física, tendo em vista que esse valor se aproxima bastante de uma média da demanda ativa contratada pela UFRB para o CETENS e o valor do consumo ativo na ponta e fora da ponta.

Resultados e discussão

Para a que a avaliação da adoção de novas tecnologias fosse realizada, foi necessário fazer uma análise da planta do CETENS, identificando as áreas que seriam investigadas e a forma como o estudo de cada uma delas seria esquematizado. As áreas foram definidas conforme apresentado na Figura 1.



Fonte: Imagem cedida pelo CETENS (2018).

Lâmpadas modelo LED

Nesse estudo, foram realizadas análises comparativas através do cálculo dos custos provenientes da substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes (flúor), atualmente utilizadas, por lâmpadas tubulares LED nas salas e laboratórios do CETENS e a determinação da sua viabilidade econômica através da análise do tempo de retorno do investimento.

Para avaliar os custos entre cada uma das tecnologias utilizadas, foi montada a Tabela 1, comparando os dois produtos e as respectivas tecnologias. O tempo de uso da iluminação nos espaços, considerado

para a montagem das tabelas foi o horário comercial, sendo 08 horas por dia, 05 dias por semana e 04 semanas por mês, ou seja, 20 dias, 80 horas por mês.

Atualmente, o conjunto de iluminação possui lâmpadas com potência mais elevada do que as apresentadas pela tecnologia proposta, o que leva a um maior consumo de energia elétrica.

Tabela 1: Comparação de dados do Pavilhão 01 e 02 e dos Gabinetes.

Parâmetros	Prédio Gabinetes		Pavilhão 01 Lado 02		Pavilhão 01 Lado 02		Pavilhão 02	
	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED
Lâmpada	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED
Potência (W)	36	24	36	24	36	24	36	24
Unidades	50	50	42	42	80	80	160	160
Luminosidade (lm)	2200	2100	2200	2100	2200	2100	2200	2100
Valor (R\$)	7,90	45,90	7,90	45,90	7,90	45,90	7,90	45,90
Vida útil (h)	6000	25000	6000	25000	6000	25000	6000	25000
Tempo ativo mensal (h)	160	160	160	160	160	160	160	160
Consumo total mensal (KWh)	288	192	241,92	172,80	460,80	307,20	921,60	614,40
Tarifa de energia (R\$)	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038
Custo Mensal (R\$)	123,95	82,63	154,85	110,61	198,32	132,21	396,64	264,42
Diferença entre os Custos (R\$)		41,32		44,24		66,11		132,22

Fonte: Autoria própria (2018).

O tempo de vida do atual sistema também é aproximadamente 4 vezes menor do que o apresentado da tecnologia proposta, já que as lâmpadas fluorescentes apresentam desgaste da sua vida útil no todas as vezes que são ligadas.

A partir desses resultados, foi possível calcular o tempo de retorno do investimento, que é de aproximadamente 4 anos. Por isso, a utilização de LEDs reduz os custos com manutenção, além apresentar

maior eficiência e não utilizar em sua composição qualquer elemento que cause danos ambientais.

Tabela 2: Comparação de dados dos Prédios (Direção, Núcleos + Portaria, Biblioteca).

Parâmetros	Prédio da Direção		Prédio dos Núcleos + Portaria		Prédio da Biblioteca	
	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED
Lâmpada	Flúor.	LED	Flúor.	LED	Flúor.	LED
Potência (W)	36	24	36	24	36	24
Unidades	24	24	48	48	40	40
Luminosidade (lm)	2200	2100	2200	2100	2200	2100
Valor (R\$)	7,90	45,90	7,90	45,90	7,90	45,90
Vida útil (h)	6000	25000	6000	25000	6000	25000
Tempo ativo mensal (h)	160	160	160	160	160	160
Consumo total mensal (KWh)	138,24	92,16	276,48	184,32	230,40	153,60
Tarifa de energia (R\$)	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038	0,43038
Custo Mensal (R\$)	59,49	39,66	118,99	79,32	99,16	66,11
Diferença entre os Custos (R\$)	19,83		39,67		33,05	

Fonte: Autoral (2018).

Diante da recente introdução dessa tecnologia no mercado, a falta de adequada divulgação dos benefícios com relação ao baixo consumo de energia elétrica e a redução dos custos com a necessidade de substituição contínua, o usuário não tem como constatar o custo-benefício, que a lâmpada LED favorece, e tende a escolher as lâmpadas fluorescentes na hora da aquisição, pelo seu menor valor de custo. Desta forma, é registrada uma lenta adesão pelo mercado, que também tem um menor interesse de vendê-las, já que, apesar de ter um custo inicial maior, também possui maior vida útil.

Condicionadores Inverter

Foi realizado um levantamento de dados nas salas do CETENS, e foi elaborado o cálculo inicial para verificar a média do consumo mensal de energia pelos aparelhos condicionadores de ar desses espaços, com o intuito de medir o consumo de energia. Também foi feita uma estimativa do consumo médio nas 12 salas de aula e 03 laboratórios do pavilhão 02, que ainda não possuíam aparelhos instalados a época da pesquisa.

O consumo de energia em kWh de cada aparelho pode ser calculado considerando seu uso durante uma hora por dia, no período de um mês, essa informação está disponível na etiqueta de eficiência energética, fixada no aparelho. A partir desta informação, foi calculada a média de consumo mensal destes mesmos aparelhos em kWh, utilizando o horário de funcionamento comercial de 8 horas por dia, durante 22 dias, em cada uma das salas e laboratórios. Com estes dados, o consumo de energia e o custo mensal de cada sala, foi calculado, conforme apresentados nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Tabela 3: Dados dos aparelhos convencionais do Prédio dos Núcleos + Portaria.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Núcleo Acadêmico	1	288,05	184,38
NUGEATEC	3	843,62	540,00
Sala dos Professores	2	576,10	368,76
Lab. de informática 1	2	268,56	171,90
Portaria	1	106,77	68,34
Total	9	2083,10	1333,38

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 4: Dados dos aparelhos convencionais do Prédio da Direção.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Sala de entrada	1	288,05	184,38
Sala da direção	1	203,57	130,31
Sala dos equipamentos	1	134,28	85,95
Sala dos Gestores	1	203,57	130,31
Total	4	829,47	530,95

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 5: Dados dos aparelhos convencionais no prédio dos gabinetes.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
7 gabinetes	14	1879,92	1203,30
1 gabinete	3	402,84	257,85
Sala de Reunião	2	268,56	171,90
Total	19	2551,32	1633,05

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 6: Dados dos aparelhos convencionais na Biblioteca.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Sala de Estudos	2	403,64	258,36
Acervo	4	912,79	584,27
Sala	1	106,77	68,34
Total	7	1423,20	910,97

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 7: Dados dos aparelhos convencionais do Pavilhão 01 Lado 01.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Sala 01	2	403,64	258,36
Sala 02	2	490,46	313,94
Sala 03	2	490,46	313,94
Sala 04	2	403,64	258,36
Total	8	1788,20	1144,60

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 8: Dados dos aparelhos convencionais do Pavilhão 01 Lado 02.

Salas	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Lab. 01 Química	1	106,77	68,34
Lab. 02 Química	1	106,77	68,34
Lab. 03	2	308,59	192,52
Lab. 04 Física	1	201,82	129,18
Lab. 05	1	201,82	129,18
Lab. Biologia	2	336,10	215,13
Lab. Informática 02	1	201,82	129,18
Sala dos Tec. Informática	2	213,54	136,68
Sala 05	2	403,64	258,36
Sala 06	2	447,05	286,15
Total	15	2.527,92	1618,06

Fonte: Autoral (2018).

Com estes resultados, o consumo de energia mensal nas salas é de 11.203,21 kWh, e o custo deste consumo é de R\$ 7.171,01 (Tabela 9), conforme cálculo baseado no valor pago por kWh consumido, estabelecido pela companhia de energia elétrica. Adotada nesse projeto uma estimativa de redução média de 50% no consumo (informação dos fabricantes), encontrando os valores apresentados na Tabela 10.

Tabela 9: Dados dos aparelhos convencionais por prédio.

Prédio	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Núcleos + Portaria	9	2083,10	1333,38
Direção	4	829,47	530,95
Gabinetes	19	2551,32	1633,05
Biblioteca	7	1423,20	910,97
Pavilhão 01 Lado 01	8	1788,20	1144,60
Pavilhão 01 Lado 02	15	2527,92	1618,06
Total	62	11203,21	7171,01

Fonte: Autoral (2018).

Tabela 10: Dados dos aparelhos com inverter por prédio.

Prédio	Número de aparelhos	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
Núcleos + Portaria	9	1041,55	666,70
Direção	4	414,73	265,47
Gabinets	19	1275,66	816,52
Biblioteca	7	711,60	455,48
Pavilhão 01 Lado 01	8	894,10	572,30
Pavilhão 01 Lado 02	15	2527,92	809,03
Total	62	5601,60	3585,50

Fonte: Autoral (2018).

A partir dos dados apresentados na Tabela 10, percebe-se que os condicionadores de ar *inverter* apresentam uma diminuição média de consumo de 5.601,60 kWh por mês, que representa um desconto de R\$ 3.585,50 nos gastos mensais com energia elétrica. Na Tabela 11, foi considerado o preço médio da unidade de acordo com a quantidade de BTUS (Unidade Térmica Britânica) e o custo de R\$ 500,00 do serviço prestado para remoção dos aparelhos existentes e instalação dos novos aparelhos.

Tabela 11: Custos para a substituição da tecnologia.

Quantidade de BTUS	Número de aparelhos	Preço médio da unidade de <i>inverter</i> (R\$)	Valor da instalação (R\$)	Valor total <i>inverter</i> (R\$)	Total: <i>Inverter</i> + Instalação
9000	7	1246,24	3500,00	8723,68	12223,68
12000	24	1595,70	12000,00	38296,80	50296,80
17000	2	1658,70	1000,00	3317,40	4317,40
18000	14	2172,65	7000,00	30416,96	37416,96
22000	7	2647,43	3500,00	18532,01	22032,01
24000	8	2536,41	4000,00	20291,28	24291,28
Total	62	-	31000,00	119578,13	150.578,13

Fonte: Autoral (2018).

De acordo com a Tabela 11, o custo total da substituição por aparelhos condicionadores de ar com tecnologia *inverter* é de R\$ 150.578,13, sendo que deste valor, R\$ 31.000,00 são de custos relacionados a mão-de-obra para a troca dos aparelhos, e R\$ 119.578,13, refere-se ao valor dos 62 aparelhos com tecnologia *inverter*. Com a redução no consumo de energia proporcionada pelo uso dos aparelhos com *inverter*, existe a tendência de desconto de R\$ 3.585,50 mensais na conta de energia, o que por ano resulta em uma economia de R\$43.026,00. O que leva a um período de, aproximadamente, três anos e meio para o retorno do investimento.

Também foi analisada possibilidade de instalação dos aparelhos condicionadores de ar *inverter*, no pavilhão 02, recentemente construído no CETENS, onde existem 12 salas e 03 laboratórios. Considerou-se que o dimensionamento das novas salas seria próximo aos das salas que já estão em funcionamento, onde existe a demanda de dois condicionadores de ar, com 18.000 BTUS de potência.

Nesse cenário, seria necessária a instalação de 30 aparelhos. Considerando mesmo tempo de funcionamento dos aparelhos das salas anteriores, o consumo mensal seria de 6.054,60 kWh, se a tecnologia escolhida fosse a convencional, com o custo financeiro de R\$ 3.875,40. E se os aparelhos instalados fossem tecnologia *inverter*, o consumo mensal seria de 3.027,30 kWh, gerando um custo de R\$ 1.937,70 na conta de energia. Portanto a redução de consumo dos aparelhos com *inverter*, é de 3.027,30 kWh, que resulta num retorno de R\$ 1.937,70 mensais e R\$23.252,24 anuais.

A partir de uma pesquisa de preços de mercado, foi encontrado o valor médio para aparelhos de 18.000 BTUS de R\$ 1.640,81 para o condicionador de ar modelo convencional e de R\$ 2.172,65 para condicionador com tecnologia *inverter*.

Ao somar o valor dos aparelhos com o custo de R\$ 250,00 para a instalação de cada aparelho (R\$ 7500,00 para os 30 aparelhos), o custo total dos aparelhos convencionais seria de R\$ 49.224,30, enquanto o custo total para os aparelhos com *inverter* seria de R\$ 72.679,50. Sendo assim, a opção por aparelhos com *inverter* resultaria em um investimento de R\$ 23.455,20 a mais. Mas é possível verificar que os aparelhos com *inverter* geram uma economia anual de R\$23.252,24, portanto esse valor a mais na instalação seria compensado em apenas um ano de uso.

Painéis Solares

A utilização de sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade em residências no Brasil é regulamentada pelas Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelecem as condições gerais para o acesso de micro e minigeradores fotovoltaicos as redes de distribuição de energia elétrica. (ANEEL, 2012 e 2015).

Estes sistemas são normalmente projetados e instalados para gerar energia suficiente para suprir a demanda energética de um ambiente. Os locais de instalação variam, desde o chão, a fachadas, janelas, entre outros. Mas, a forma mais comum é em telhados, por conta da diminuição de riscos de sombreamento pela própria construção, além de ocuparem esta área que normalmente não é destinada para nenhuma outra aplicação.

Segundo Villalva e Gazoli (2015), sistemas fotovoltaicos têm capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente elétrica é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores. A partir da revisão de literatura foi possível constatar que, os sistemas fotovoltaicos on-grid, que são conectados à rede da concessionária de energia, tem uma vida útil média

de 35 anos, além disso, de acordo com dados de fabricantes, painéis fotovoltaicos têm, garantia média de 25 anos e os inversores vida útil média de 12,5 anos.

Existem também sistemas off-grid, que são independentes da rede da concessionária, e utilizam um banco de baterias para armazenar a energia produzida, tanto os inversores, quanto os controladores de carga têm vida útil média de 7,5 anos. A variação do valor final entre esses dois sistemas, acontece devido ao alto custo das baterias, que são específicas para sistemas fotovoltaicos e tem vida útil média de 10 anos.

A partir da Tabela 12, percebe-se que o consumo mensal total dos aparelhos estudados (35) foi de 196,98 kwh resultando em um gasto mensal de R\$126,00, totalizando no período de 11 meses (período com aula por ano) um gasto de R\$ 1386,00, apenas com a recarga destes aparelhos (CANALTECH, 2018).

Tabela 12: Consumo de eletrônicos.

Item	Consumo (W)	Quant.	6 horas (Wh)	22 dias (Wh/mês)	Multiplicado pela tarifa (R\$0,64011)	11 meses (R\$)	Total (todos) kWh/mês
Notebook	130	10	780	17.160	109,84	1208,27	
Tablet	10	5	60	1.320	4,22	46,47	196,68
Celular	7	20	42	924	11,82	130,12	

Fonte: Autoria própria (2018).

Para atender esta demanda, precisa-se de um sistema gerador de eletricidade com potência de 1,71 kWp. De acordo com a simulação do Sistema Gerador feito através do site do Portal Solar (2018), o preço médio no mercado varia de R\$ 12.889,45 até R\$ 15.467,34. O sistema utilizará 5 placas de 330 W e precisará de uma área de 13,71 m² aproximadamente, com peso médio de 15kg por m². Com produção de 196,68 kwh/mês e 2360,16 kwh/ano.

Considerações finais

De acordo com as investigações realizadas, é possível constatar que a substituição das lâmpadas fluorescentes atuais por lâmpadas de LED é vantajosa, tendo em vista que, existe um retorno financeiro do investimento inicial do valor empregado na substituição das lâmpadas em aproximadamente 04 anos. É fundamental ressaltar que as lâmpadas fluorescentes necessitam de uma troca em períodos de aproximadamente três anos, o que levaria a substituição de 444 lâmpadas. Em momentos como esse, seria necessário desembolsar cerca de R\$3.507,60 para efetuar a troca, enquanto as LED podem durar em média 13 anos, sem substituições ou manutenção neste período, o que pouparia por volta de R\$ 15.199,60 que seriam gastos em aproximadamente quatro trocas de lâmpada fluorescentes.

Quanto à análise da utilização de aparelhos condicionadores de ar do tipo *inverter*, foi observado que é bastante vantajoso para utilização em ambientes em que existe o uso por períodos contínuos, como é o caso dos ambientes do centro. Os dados alcançados por este projeto mostram que a adoção do tipo *inverter* reduz consideravelmente o consumo de energia elétrica que, resulta conseqüentemente em uma redução dos gastos mensais.

Conforme verificado, aparelhos com *inverter* causariam um desconto mensal de R\$ 3.585,50, o que por ano resulta em uma economia de R\$43.026,00. Desta forma, período de retorno do investimento financeiro é de aproximadamente três anos e meio para o retorno do investimento. O pouco tempo para retorno nos mostra que a substituição dos condicionadores de ar nas salas e laboratórios é financeiramente viável, mesmo com os custos com a remoção e instalação dos novos aparelhos.

Na análise de instalação de *inverteres* no pavilhão 02, a escolha por esta tecnologia também é economicamente mais viável, tendo

em vista que não existirá o custo com a remoção dos aparelhos, apenas com a instalação e uma vantagem econômica mensal de 3.027,30 kWh, reduzindo os gastos em R\$ 1.937,70, quando comparados aos gastos com a tecnologia convencional. Ainda foi possível verificar que os aparelhos com *inverter* geram neste caso, um retorno anual de R\$23.252,24.

Quanto aos painéis fotovoltaicos, foi possível observar, a partir dos estudos realizados para o desenvolvimento deste projeto, que a instalação é viável. A geração mensal estimada no momento da realização deste projeto é 196,68 kWh, o que resulta em 2.360,16 kWh por ano, o que financeiramente equivale a R\$1.510,76. O preço médio de um gerador desse tamanho no cenário atual é de R\$14.178,39, a partir daí o tempo estimado para retorno de 9 anos. É importante ressaltar que esse tipo de sistema tem vida útil média de 35 anos. Além disso, será implantado em um Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, tornando-se uma fonte de estudos e aprendizagem direta.

Existe uma grande demanda da comunidade acadêmica e do público que frequenta o CETENS por tomadas para recarga de eletroeletrônicos, e com o ingresso de novas turmas, esta procura tende a aumentar cada vez mais. Ainda é possível levar em consideração que a geração de energia evita custos futuros e permanentes, já que não será mais necessária à compra de energia elétrica convencional da concessionária para atender a esta demanda. Além disso, segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005) a Bahia tem um nível de irradiação solar ótimo para a geração de energia e tem isenção de impostos sobre o consumo de créditos de energia gerados a partir da energia exportada para a rede elétrica da concessionária. A diminuição de impactos socioambientais e o avanço da sustentabilidade ambiental e energética são outros grandes benefícios da redução do con-

sumo de energia, consequência direta do refreio na ampliação da rede de usinas de energia e da restrição no acionamento das termelétricas. Por fim, é possível afirmar a viabilidade na implementação das novas tecnologias propostas no estudo e desenvolvimento deste projeto.

Referências

ANEEL, **Resolução Normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> . Acesso em: 10 de fevereiro de 2018

ANEEL, **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> . Acesso em: 10 de fevereiro de 2018

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil - **Energia Solar** . 2ª ed. Brasília, 2005. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf) Acesso em: 15 de março de 2018

CANALTECH. **Quanto um carregador ligado na tomada consome de energia?** Disponível em: <http://canaltech.com.br/dica/curiosidades/quanto-um-carregador-ligado-na-tomada-consome-de-energia/> Acesso em: 15 de março de 2018

DIAS, G. P. **Análise do uso de inversores para motores monofásicos em aparelhos de ar-condicionado visando à eficiência energética**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2014.

FRANÇA; F. V. P. SILVA, J. S. J. SANTOS, K. M. S; OLIVEIRA, L. F. N. ALMEIDA; M. C. **PI - Estudo da implantação de painéis solares nas futuras instalações da área de convivência do CETENS**. CETENS-UFRB. 2016.

FRANÇA; F. V. P. ADORNO; F., FALCÃO; M. MENEZES; M. NEVES; N. **PI - estudo da viabilidade da instalação de condicionadores de ar, modelos tipo inverter, No Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade**. CETENS-UFRB. 2016.

FRANÇA; F. V. P. CORDEIRO, R. RODRIGUES; R., CERQUEIRA; Y. **PI - estudo da viabilidade da instalação de lâmpadas modelo leds, No Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade.** CETENS-UFRB. 2017.

G-LIGHT. **Lâmpada fluorescente tubular t8 36w.** Disponível em: <<http://www.glight.com.br/produto.php?produto=293&familia=47>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2017.

PBMC - **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/noticias/82-destaque/440-painel-brasileiro-de-mudancas-climaticas-divulga-o-primeiro-relatorio-de-avaliacao-nacional-completo>. 2016.

PORTAL SOLAR. **Simulador Solar.** Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>. Acesso em 15 de maio de 2018.

UNICAMP. Laboratório de Iluminação. **LED - O que é, e como funciona.** Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36>. Acesso em 15 de junho de 2018.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J.R. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações.** 2ª Ed. São Paulo: Érica - 2015.

O uso da tecnológica sustentável na detecção de falhas

*Maurício Chagas de Menezes Júnior
Cristiane Agra Pimentel*

Introdução

Através de uma perspectiva de gastos em investimentos e acidentes em torno das falhas por degradação, tornou-se necessário buscar por melhorias na tecnologia e técnicas de avaliação de estruturas dos materiais, bem como formas de prevenção e previsão de falhas para que este não viesse mais a ser um problema catastrófico, possibilitando reduzir e evitar falhas eminentes ainda no estágio inicial (GENTIL, 1982; CALLISTER, 2002). Dentre as diversas formas de inspeção de materiais e estruturas que existem no contexto industrial e da fiscalização urbana, a inspeção visual se destaca no controle da qualidade e segurança, sendo de fácil aplicação, rápida e barata, além de não necessariamente necessitar de equipamento especiais para sua realização (VERLY, 2015).

Mesmo largamente utilizada, a inspeção visual apresenta desvantagens, estando limitada apenas às análises de descontinuidades superficiais, sendo susceptível ao erro humano, que tem a apuração da visão relativamente reduzida com o tempo de uso.

Em alternativa à inspeção visual tradicional, a visão computacional se encaixa como uma ferramenta capaz de minimizar as margens de erro e associada a sensores e transdutores torna-se capaz de “enxergar” além das superfícies e a distâncias de milhares de quilômetros (RAMALHO, 2013).

A visão computacional é uma técnica que replica e modela a visão humana através de um *software* e *hardware*. Com ela é possível reconstruir e compreender uma cena 3d a partir de suas imagens capturada digitalmente em 2d, seja qual for a propriedade da estrutura presente na cena (FORSYTH e PONCE, 2012; HARTLEY e ZISSERMAN, 2004). Estes *softwares* inserem-se como um artifício para a predição e detecção de falhas em qualquer grau ou tipo possibilitando inspecionar áreas de risco e de difícil acesso podendo ser embarcado em sistemas autônomos como veículos aéreos e submarinos não tripulados. Outra aplicação excepcionalmente importante é quando inserido em ambientes remotos, como o espaço, onde as comunicações demoram muito tempo para serem coletadas e o envio de profissionais para aplicar presencialmente a inspeção visual se torna exorbitantemente caro (AMBROSE e ASKEW, 1995; PASSOS, 2002).

Motivando-se pela possibilidade de redução de custo com acidentes e aquisição de dados de degradação em ambientes remotos e ainda permitindo análises mais fiéis a realidade com redução das taxas de erro, é que surge a necessidade do desenvolvimento do presente trabalho, que além do já mencionado propicia benefícios no contexto da sustentabilidade, visto que por meio deste *software* os materiais e as estruturas formadas por estes, poderão permanecer com a sua integridade intacta, evitando falhas que levem a inutilização destas, e por consequência que novos recursos precisem ser utilizados seja para a manutenção ou recuperação total dos sistemas em questão.

Este trabalho é oriundo da disciplina projeto interdisciplinar, ministrada pelo professor João Luiz Carneiro Carvalho, e como objetivo principal se encontra o desenvolvimento de um *software* de *Machine Learning*, centrado na utilização dos algoritmos *adaboost* e *Haar Cascade* com capacidade de identificar degradação em superfícies após o seu treinamento. A fim de confirmar o potencial e a viabilidade do

presente *software* serão utilizados como referências de manifestação de patologias dos materiais por degradação a corrosão e as fissuras, que juntas formam uma fatia expressiva das principais causas de acidentes e falhas de estruturas em escala mundial. Importante destacar o uso da tecnologia sustentável de cunho econômico deste projeto.

Falhas estruturais

Com o avanço da ciência dos materiais, da teoria das estruturas e da grande utilização de programas computacionais no auxílio de projetos estruturais, os projetos passaram a admitir tensões de serviços muito grandes, dando origem a estruturas robustas e com menores custos. Esse avanço, por sua vez, tornou as estruturas mais suscetíveis aos agentes degradantes presentes no ambiente no qual a estrutura está exposta (MENEZES, 2019).

Independente da origem, na grande maioria dos casos, as falhas estruturais são provocadas por uma sensível variação dos parâmetros espaciais das estruturas, como a redução da rigidez estrutural, redução da massa e aumento do amortecimento, o que leva à uma mudança do comportamento dinâmico e perda de funcionalidade da mesma, podendo ocorrer por: erosão, corrosão, afrouxamento de uniões aparafusadas, trincas ou mesmo a combinação deles (CALLISTER, 2002). Dentre as principais manifestações patológicas proveniente da degradação de materiais que podem levá-los a falhas, pode-se citar a corrosão e as trincas (GENTIL, 1982; CALLISTER, 2002; STROHAECKER, 2010).

Dentre os mecanismos de falha, a fratura dos materiais merece atenção, podendo ser descrita como a separação de um corpo material em duas ou mais partes quando este for solicitado mecanicamente por esforços que excedem o limite suportado, podendo ser um esforço

de tração, compressão, flexão, torção, dentre outros. De acordo com Callister (2002) as fraturas podem ser definidas primariamente como dúcteis e frágeis. O fator determinante para uma fratura ser definida como dúctil é a predominância da ocorrência de deformações plásticas em detrimento da propagação de trincas. Já a fratura frágil ocorre pela propagação rápida de trincas, com uma deformação plástica nula ou praticamente nula no material adjacente à fratura.

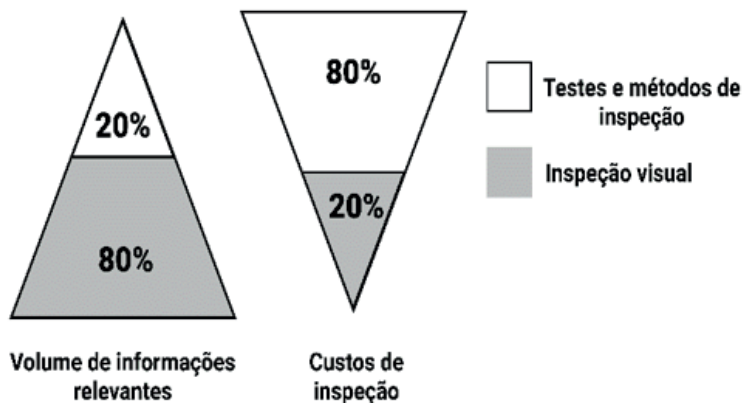
A corrosão, trata-se da destruição do material devido a sua interação com o ambiente. Os mecanismos de corrosão podem ocorrer em materiais metálico, cerâmico ou polimérico, no entanto o termo mais comumente utilizado quando se trata de materiais não metálicos é a degradação. A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pelas interações físico-químicas entre o material e o seu meio operacional configuram alterações prejudiciais e indesejáveis tais como o desgaste, alterações químicas ou modificações estruturais que tornam o material inadequado para o uso visto que o desempenho deixa de satisfazer os fins aos quais se destinam (GENTIL, 2011). Segundo o mesmo autor, estima-se que 30% das falhas em plantas urbanas e industriais são decorrentes da corrosão, e que bilhões de dólares por ano sejam gastos em reparos relacionados a estas falhas.

Inspeção visual

De maneira geral, a maioria das anomalias manifestam-se na superfície da estrutura, o que permite através de uma inspeção visual identificar as descontinuidades (VERLY, 2015). A inspeção visual proporciona a melhor relação custo/informação. Sendo um meio econômico de se obter informações sobre uma estrutura. A Figura 1 ilustra a

relação custo/informação das inspeções visuais e de outros testes e métodos de medição.

Figura 1: Relação custo/informação das inspeções visuais e métodos de medição.



Fonte: CEP-FIP, 2002 *apud* Verly (2015).

Como é possível observar na imagem anterior, os custos relacionados as inspeções visuais totalizam somente 20% do custo de uma inspeção. Os restantes dos recursos (80%) são voltados para realização de ensaios complementares que têm como objetivo auxiliar a determinação de um diagnóstico através da obtenção de informações que não seria possível apenas da análise visual. Como desvantagem a inspeção visual, esta pode ser acompanhada de erros, visto que redução da apuração visual do analista é comum com o tempo de uso prolongado, e ainda só permite a detecção de descontinuidade superficiais e em alguns casos com utilização de equipamentos também a análise de descontinuidades subsuperficiais (RAMALHO, 2013).

Inteligência artificial

A inteligência artificial ou IA é um termo que está associado, geralmente, ao desenvolvimento de um sistema especialista (RUSSEL,

1962). Estes sistemas baseados em conhecimentos construídos principalmente por regras são utilizados para solucionar determinados problemas (MENDES, 1997). Por ser um tópico muito amplo, IA também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras.

Segundo Gomes (2010) o funcionamento de um sistema de IA depende do tipo de aplicação, estando entre as mais comuns: Sistemas especialistas, Robótica, Planejamento e Logística, Processamento de linguagem neural e Sistemas visuais.

Atualmente a inteligência artificial tem se mostrado limitada para aplicações de elevada complexidade, principalmente a partir do momento em que o grande volume de dados fez emergir a necessidade de sistemas com comportamento autônomo e cada vez menos dependente do conhecimento de peritos (ALPHAYDIN, 1997). Com isto foram desenvolvidos sistemas computacionais capazes de melhorar o desempenho da realização de tarefas por meio da experiência da máquina, dando surgimento ao *Machine Learning* (FACELI, 2011; MITCHELL, 1997)

Segundo Batista (2003), existe várias abordagens em *Machine Learning*, como o aprendizado por hábito, por instrução, por analogia e por indução. Dentre as diversas abordagens, o aprendizado indutivo apresenta-se como uma das mais úteis, permitindo que a máquina obtenha novos conhecimentos a partir de exemplos previamente observados.

Visão computacional

A visão computacional é um método que usa um *software* e um *hardware* (dispositivo de aquisição de imagem) a fim de reproduzir a visão humana. O reconhecimento da imagem envolve desde a identificação de objetos simplórios até usos sobre-humano sendo capaz de

enxergar através do concreto e processar dados maciços à uma velocidade muito alta (RAMALHO, 2013).

Atualmente são incontáveis as aplicações, incluindo a identificação de doenças em microscopia, segurança, robótica e muitos outros. A tecnologia empregada é complexa e inclui métodos de aquisição de imagens, pré-processamento, segmentação, extração de atributos ou características e reconhecimento de padrões (FORSYTH e PONCE, 2012; HARTLEY e ZISSERMAN, 2004; GONZALEZ e WOODS, 2007).

Incorporado ao âmbito científico que estuda da visão computacional, alguns algoritmos concebidos por estudiosos deste vasto segmento auxiliam na aquisição de dados e no treinamento da máquina, o algoritmo *Haar Cascade* é um destes.

Haar cascade

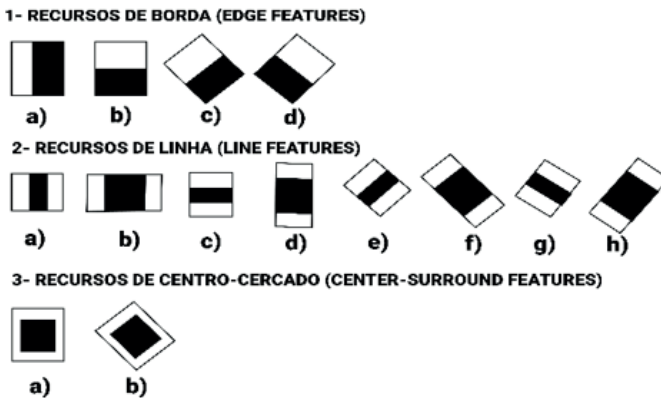
O algoritmo *Haar Cascade* é um procedimento de detecção de objetos eficaz, proposto por Paul Viola e Michael Jones no artigo “*Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*“. Esta é uma abordagem baseada em *Machine Learning* em que uma função chamada *cascade* é treinada por meio de muitas imagens positivas (objeto de interesse) e negativas (objetos que não representem características de interesse). Os detectores baseados em *cascade* ou do português cascata, são assim denominados pois treinam uma árvore de decisões onde cada nível analisa um conjunto de atributos diferentes avaliando se estes atributos representam ou não o objeto de interesse. Os níveis da árvore são chamados de estágio composto por um ou mais classificadores os *weak classifiers* (ROMIS, 2011).

Esses classificadores são, em geral, treinados, valendo-se ainda de algoritmos baseados no método de *boosting*, que armazena todas as características de interesse, e elimina as falsas até que se atinja

uma taxa mínima de verdadeiros positivos e, ao mesmo tempo, uma taxa máxima de falsos positivos (CHAVES, 2012).

Na prática, o sistema usa um esquema de janela deslizante sobre a imagem extraíndo padrões, chamados de *features haar*. Atributos *Haar* são extraídos subtraindo diferentes padrões de pixels da imagem de acordo com as “máscaras” mostradas na Figura 2, onde os filtros de *Haar* das regiões brancas são subtraídos da região preta correspondente.

Figura 2: *Features Haar*, Padrões extraídos das imagens a cada pixel.



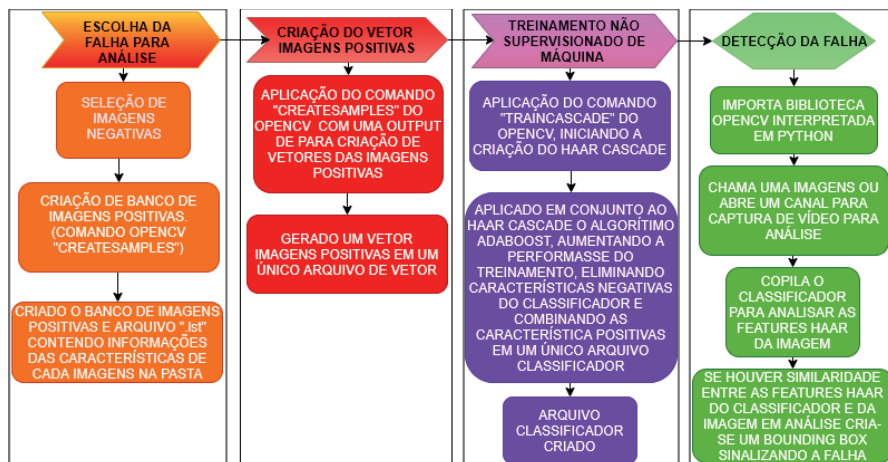
Fonte: Autoral (2019).

Métodos

O primeiro passo no desenvolvimento da arquitetura do *software* e treinamento de máquina de um detector é gabaritar o objeto de interesse, para isto é preciso criar um banco de dados com imagens que representem o objeto de interesse na detecção, deste caso foram 3000 imagens de superfícies em estado de corrosão e 3000 imagens de superfícies com fissuras. Vale ressaltar que cada classificador criado pelo método de *haar cascade*, só é capaz de detectar um tipo de objeto de interesse, ou classe, por vez.

Se a detecção se valer necessária para várias características, por exemplo, fissura e corrosão representam duas características, é preciso treinar classificadores distintos, resultando em dois *softwares* de detecção.

Figura 3: Diagrama da Lógica Programada no software para detecção de degradação.



Fonte: Autoral (2019).

O segundo passo é gabaritar os exemplos negativos, ou seja, armazenar um banco de dados com mais 3000 imagens que não apresentem as características do objeto de interesse, podendo ser, por exemplo, para este caso uma barra de ferro não corroída ou uma parede com integridade estrutural intacta. A partir disto é preciso gerar um arquivo em código binário (.lst) que represente todas as amostras de imagens positivas e negativas selecionadas. Em seguida são armazenadas todas as informações positivas e negativas gabaritadas em um arquivo de vetor.

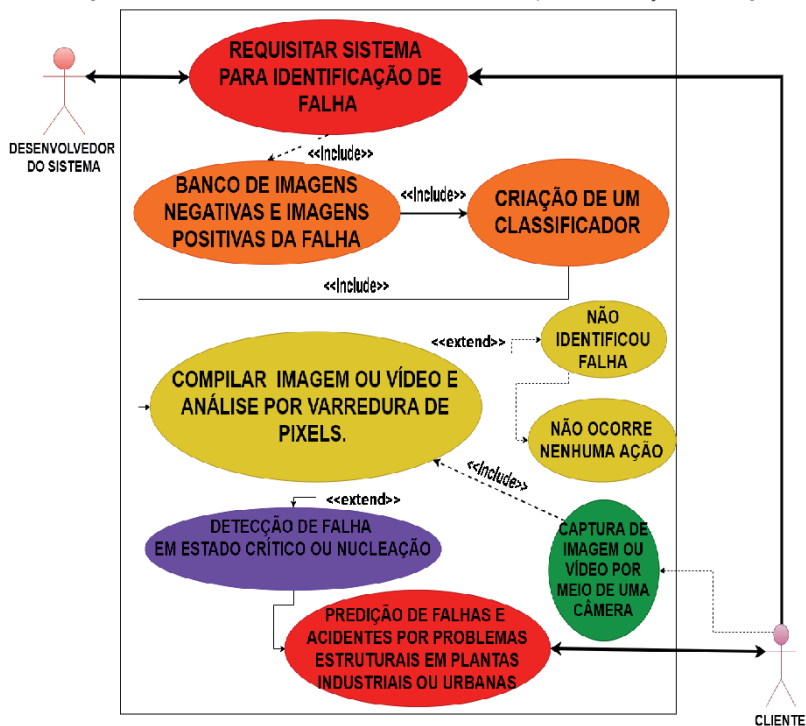
Então se dá início a criação do classificador através do arquivo vetorizado, seguido de parâmetros que servem também para a melhoria da classificação, assim como liberação integral ou reduzida da ca-

pacidade de processamento do dispositivo dedicada ao treinamento, fatores que influenciam diretamente no tempo necessário para criação dos classificadores. É importante destacar que cada treinamento necessita de parâmetros distintos que tornem a sua classificação mais adequada, sendo um fator que depende da experiência do programador, portanto não há uma convenção. Os parâmetros *HitRate* e *FalseAlarm* são fundamentais pois limitam as taxas de aceitação para o alarme em falso e os padrões para taxas de acerto que serão observadas à cada estágio de classificação e determinarão o quão preciso o classificador será. A partir disto são selecionadas as características positivas por meio do método de *boosting*.

Devido à complexidade das análises a cada estágio da árvore de decisões o classificador demora mais para executar, sendo o número de estágios definido pelo programador, onde o primeiro estágio demora apenas alguns minutos e o último pode levar vários dias para ser concluído. O tempo para criação do classificador depende do número de imagens utilizadas, das dimensões e parâmetros escolhidos e do número de estágios de classificação, podendo chegar a durar meses. Como referência, para 1900 imagens treinadas e apenas uma imagem de representação positiva, o processo leva em torno de 2 horas, quando desejado uma taxa de falsos alarmes de 0,5%.

Após a criação do arquivo classificador, este pode ser usado para detectar as características treinadas em outras imagens através de um código em *Python*, que comanda a abertura de uma imagem ou vídeo de um dispositivo em tempo real, que não tenha sido previamente treinado no classificador, detectando a característica treinada na imagem e retornando um *bounding box*, que sinaliza a região da característica treinada com um quadro colorido.

Figura 4: Diagrama de Caso de Uso do software treinado para detecção de degradação.



Fonte: Autoral (2019).

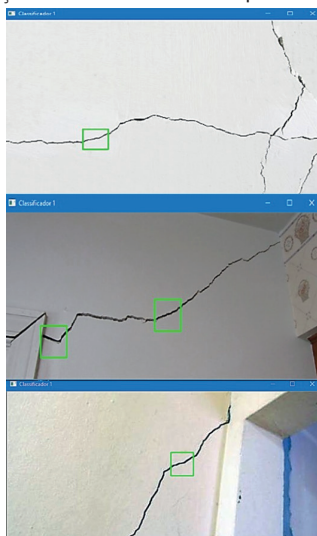
Valendo-se da utilização do comando *TrainCascade*, onde são especificados alguns parâmetros e ajustes de treinamento, é dado o início da criação do classificador, que irá corroborar com a detecção de falhas posteriormente.

O processo de aprendizado foi acionado para uma série de treinamentos e dois classificadores foram obtidos, uma para corrosão e um para fissura. Após a conclusão dos classificadores e do código responsável por detectar a degradação, foi observado que o classificador destinado à detectar fissuras demorou um período de 4 dias e 16 horas para ser treinado com um computador que apresentava as seguintes especificações técnicas: Dell TG1C8JQ, core i3, CPU 2GHZ, 4gb de RAM.

Após o treinamento foram detectadas em todas as imagens avaliadas pontos de fissuras sem a presença de falsos positivos, ou seja, todas as sinalizações apresentadas em verde no *Bounding Box*, Figura 5, foram de degradação por fissura. No entanto percebe-se que a eficácia do software ainda não é a ideal para situações reais de trabalho, visto que não detectou todos os pontos degradados como observado novamente na Figura 5.

Estes testes citados anteriormente foram todos realizados para o carregamento de uma imagem digital processada diretamente por um arquivo do computador.

Figura 5: Detecção de fissura realizada pelo software treinado.



Fonte: Autoral (2019).

Ainda para algumas situações de carregamento de vídeo em tempo real, utilizando a câmera webcam do dispositivo de *notebook* já citado anteriormente, com 1,3 MP e velocidade de captura 30 fps, neste caso o número de detecções reduziu significativamente e em algumas situações não foi detectado ponto algum de degradação.

Os resultados observados no classificador destinado para a detecção de fissura apontam sinais de eficácia do software, porém com necessidade de melhoria na aquisição e processamento dos dados, bem como a utilização de câmeras melhores, como se pode observar em trabalhos de visão computacional concebidos para situações reais de trabalho e que se baseiam no método de *Haar Cascade* para criação de classificadores.

Dois projetos que apresentaram resultados bem-sucedidos são os de Cardoso (2017) e Paula (2015), onde os resultados da detecção após o treinamento por *haar cascade* com destaque por *Bounding Box* apresentou em sua totalidade verdadeiros positivos, com taxas de detecção mais expressivas que as conquistadas neste presente trabalho.

Estas características supracitadas podem ser atribuídas a uma capacidade de processamento maior quanto aos computadores utilizados por ambos os pesquisadores e a uma acuracidade maior dos parâmetros de classificação, proporcionadas por realização de sucessivas tentativa e melhorias de código, que não foram possíveis dentro deste trabalho devido ao pouco tempo para sua realização e capacidades limitadas de processamento computacional do desenvolvedor.

No classificador dedicado a detecção de corrosão, os resultados foram similares, detectando apenas pontos de corrosão sem falsos positivos. Para este classificador foram utilizados os mesmos parâmetros de *hardware* e *software*, bem como quantidades de imagens positivas e negativas na realização do treinamento, porém foram precisos 7 dias e 3 horas para conclusão do treinamento.

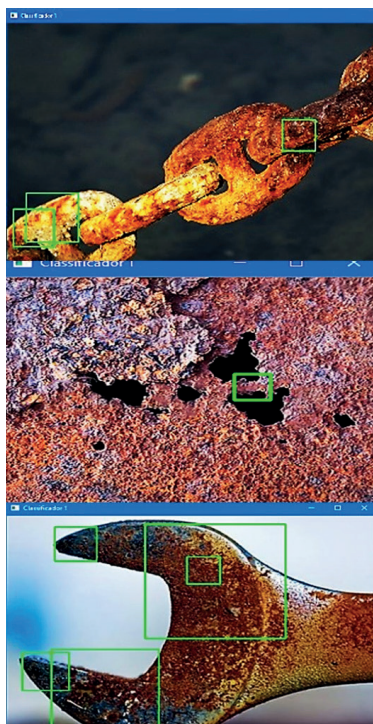
O aumento no tempo de classificação pode ser atribuído à diversidade na variação das superfícies atacadas por corrosão, Figura 6.

Devido a variedade de características a cada *pixel* das estruturas degradadas por corrosão o software necessita de maior tempo para averiguar cada padrão de cascata, figura 2, de acordo com os

features haar, concebidos por Paul Viola e Michael J. Jones no artigo *Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features* e mais recentemente melhorado por diversos pesquisadores, destacando-se Lienhart e Maydt (2002).

Este fator agravante observado para detecção da corrosão no tempo de processamento, para a situação de detecção de fissuras não foi preponderante, visto que na maioria das imagens testadas grande parcela da composição da imagem é formada por paredes brancas ou coloridas lisas, facilitando que o software detecte imediatamente que não há fissura em tal posição.

Figura 6: Detecção de corrosão realizada pelo software treinado.



Fonte: Autoral (2019).

Considerações finais

Os resultados do desenvolvimento do *software* foram satisfatórios, sendo capaz de uma detecção precisa de degradações decorrentes de fissuras e corrosão, não apresentando detecções de regiões falsas, fator que seria grande problema. Desta forma está confirmado o potencial e a viabilidade do *software* de visão computacional, como uma alternativa para a inspeção visual, não apenas das características aqui já treinadas como também de qualquer outra patologia, sendo necessário apenas o treinamento prévio a partir de um novo banco de imagens. No entanto o classificador ainda não é robusto o suficiente, fato percebido pela não detecção precisa de toda região degradada.

As limitações que resultaram na baixa detecção do *software* são provenientes da capacidade limitada de processamento do computador utilizado já que durante toda classificação o computador fica indisponível para outro fim. Ou seja, durante os 10 dias de processamento não se pôde usar ou desligar a máquina. Além disso a utilização de câmeras com maior tecnologia embarcada e melhores imagens durante o treinamento melhoraria os resultados de aquisição de imagem e conseqüentemente de comparação entre os resultados adquiridos e os treinados no classificador.

Como sugestão para trabalhos futuros a criação de classificadores que abarcassem uma maior quantidade de mecanismos de degradação e a criação de bancos de dados mais robustos e maior quantidade de etapas de classificação tornariam o presente trabalho ideal para o uso comercial. Um segundo passo seria submeter esta detecção a níveis mais profundos de análise, aplicando a mesma em conjunto com outras técnicas de caracterização, inspeção preditiva e manutenção corretivas com ajuda de sensores utilizados em equipa-

mentos de pulso eco e raio-x industrial, microscopia eletrônica, dentre outras. Assim o software não se limitaria apenas às análises superficiais, mas também subsuperficiais e microscópicas.

Referências

AMBROSE, R.; ASKEW, R. S. **An Experimental Investigation of Actuators for Space Robots**. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1995.

ALPHAYDIN, E. **Machine Learning-the new AI**. [S.l.: s.n.], 1997.

BATISTA, G. H. de Almeida Prado Alves. **Pré-processamento de dados em aprendizado de máquina supervisionado**. Tese de doutorado em ciências de computação e matemática computacional, Instituto de ciências matemáticas e de computação ICMC-USP, 2003.

CALLISTER. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. [S.l.: s.n.], 2002.

CARDOSO, R. P. **Técnica de rastreamento e perseguição de alvo utilizando o algoritmo haar cascade aplicada a robôs terrestres com restrição de movimento**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

CHAVES, B. B. **Estudo do algoritmo adaboost de aprendizagem de máquina aplicado à sensores e sistemas embarcados**. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

FACELI, J. G. A. c. K. **A Inteligência Artificial uma abordagem do aprendizado de máquina**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.

FORSYTH D. A.; PONCE, J. **Computer Vision: A Modern Approach**. [S.l.: s.n.], 2012.

GENTIL, V. **Corrosão**. [S.l.: s.n.], 2011.

GOMES, D. D. S. **Inteligência Artificial: Conceitos e Aplicações**. FAAR: Rondônia, 2010.

GONZALEZ R. C.; WOODS, E. R. **Digital Image Processing**. [S.l.: s.n.], 2007.

HARTLEY R.; ZISSERMAN, A. **Multiple View Geometry in Computer Vision**. [S.l.:s.n.], 2004.

MENEZES, A. C. Álvaro P. R. **Técnicas preditivas ligadas à inspeção**. Serra: CST-Arcelor Brasil, 2019.

MENDES, R. D. **Inteligência artificial: Sistemas especialistas no gerenciamento da informação**. 1997.

MITCHELL, T. *Machine Learning*. [S.l.: s.n.], 1997.

PASSOS, F. **Automação de Sistemas & Robótica**. Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2002.

PAULA, M. **Visão computacional para veículos inteligentes usando câmeras embarcadas**. Doutorado em Ciências da Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

RAMALHO, G. L. B. **Análise de imagens por meio de uma matriz de interdependência e da transformação estrutural multiescala**. Dissertação (Doutorado) em Engenharia da Teleinformática – Universidade Federal do Ceará, 2013.

ROMIS, F. J. V. Z. **Arvore de Decisões Constante**. [S.l.: s.n.], 2011.

RUSSEL, P. N. S. **Artificial Intelligence**. 3. ed. [S.l.: s.n.], 1962.

LIENHART, R.; MAYDT, J., **An extended set of Haar-like features for rapid object detection**, *Proceedings. International Conference on Image Processing*, Rochester, NY, USA, 2002,

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais.** Dissertação (Mestrado) em Estruturas e Construção Civil – Universidade de Brasília, 2015.

VIOLA, P.; JONES, M. J. **Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features.** In: Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR IEEE, 2001.

Autores

Brenda Melo Ferreira

Bacharel em Energia e Sustentabilidade pelo CETENS/UFRB (2019). Graduanda em Engenharia de Materiais no CETENS/UFRB. Atualmente cursa o Técnico em Química pelo SENAI-BA. É estagiária na área de Engenharia de Materiais pela empresa Vipal Borrachas no setor de duas rodas.

E-mail: brenda.melo.f@gmail.com

Bruno Souza Fernandes

Graduado em Engenharia de Produção e Mestre em Ciência dos Materiais pela UESC. Doutor em Engenharia Industrial pela UFBA. Tem experiência nas áreas de Engenharia de Produção e Engenharia de Materiais. Atualmente é professor Adjunto C da UFRB, sendo presidente do NDE do curso de Engenharia de Produção.

E-mail: bruno.fernandes@ufrb.edu.br

Caio César Neves Kunrath

Engenheiro de Produção pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2016). Mestre em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais, concentração em tratamento de água, efluentes e dessalinização (UESC, 2018). Doutorando no programa de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS (2020).

E-mail: caiokunrath@gmail.com

Carlos Antônio Pereira de Lima

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (2002). Atualmente é professor Doutor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Desenvolve pesquisas na área de dessalinização de águas via energia solar e fotocatalise.

E-mail: caplima@uepb.edu.br

Carolina Izabella Aparecida Ribeiro Andrade

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Santa Cruz (UESC), graduada em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Formiga (UNIFOR). Professora assistente na

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB/CETENS).

E-mail: carolina.andrade@ufrb.edu.br

Clenilton de Sousa Alves

Cursando o ensino superior em Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Conhecimento avançado das ferramentas do Pacote Office. Dinâmico, proativo e de fácil adaptabilidade.

E-mail: cleniwton19@gmail.com

Cristiane Agra Pimentel

Professora na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB/CETENS) no curso de Engenharia de Produção, membro do mestrado PROFNIT, Vice-presidente da Women in Engineering Seção Nordeste. Possui 12 anos de experiência na área industrial metalúrgica.

E-mail: cristianepimentel@ufrb.edu.br

Elias Marques Machado

Discente do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Energias e Sustentabilidade com pretensão no curso de Engenharia de Energias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CETENS.

E-mail: e.m.machado@hotmail.com

Fabiane de Oliveira Santana

Bacharel em Energia e Sustentabilidade pelo CETENS/UFRB (2019). Graduanda em Engenharia de Materiais no CETENS/UFRB. Técnica em Segurança do Trabalho pelo SENAI-BA (2012). É bolsista de iniciação científica no projeto Incorporação de Cloretos no Processo de Obtenção das Membranas Poliméricas e Híbridas.

E-mail: fabianeosb@gmail.com

Francis Valter Pêpe França

Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP - Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP e Graduado em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da UFBA - Universidade Federal da Bahia.

E-mail: francispepe@gmail.com

Franco Dani Rico Amado

Possui graduação em Engenharia Química pela FURG, mestrado e doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS. Atualmente é Professor Pleno do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da UESC-BA. É o fundador e coordenador do Laboratório de Materiais e Meio Ambiente (LAMMA).

E-mail: franco.amado@gmail.com

Heloisa Bárbara Rozário Azevedo

Técnica em Segurança do Trabalho pelo SENAI- Feira de Santana, bacharel em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, graduanda do oitavo semestre de Engenharia de Produção pela mesma universidade. Atualmente estagiária do setor de processos e PCP da InBrasil.

E-mail: heloisazevedo5@gmail.com

Itamara Ferreira Gonçalves dos Santos

Discente do Curso de Bacharelado Interdisciplinar Energia e Sustentabilidade, com pretensão de egresso no curso de Engenharia de Energias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CETENS. Técnica em Segurança do Trabalho, pelo SENAI- Feira de Santana. Estagiária em uma empresa de energia solar e soluções de engenharia.

E-mail: itamaraferreiratst@gmail.com

Joyce Batista Azevedo

Engenheira de Materiais e doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFCG. Atualmente é professora adjunta e pesquisadora da UFRB com experiência em coordenação e participação de projetos atuando principalmente com compósitos, aditivação de polímeros, processamento por extrusão e reciclagem de polímeros termoplásticos.

E-mail: joyce.azevedo@ufba.br

Joyce Mara Brito Maia

Bacharel em Energia e Sustentabilidade pelo CETENS/UFRB (2018). Graduanda em Engenharia de Materiais no CETENS/UFRB. É bolsista de iniciação científica no projeto Desenvolvimento de Placa Absorvedora de Calor por Estampagem Incremental Aplicada a Geração de Energia, atuando assim na área de Energia Solar Térmica.

E-mail: joycemarabrito28@gmail.com

Juliana Souza de Jesus Silva

Graduanda no BES – Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do CETENS – Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

E-mail: julianasouza-@live.com

Keila Machado de Medeiros

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Realizou Pós-doutorado pelo PNPd/CAPES (2016) na UFCG. Atualmente é professora Doutora da Graduação e Pós-graduação no CETENS/UFRB. Desenvolve pesquisas com os processos avançados de separação por membranas.

E-mail: keilamedeiros@ufrb.edu.br

Lorrane Carneiro Laranjeira Silva

Graduanda do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade na UFRB, com participação em projetos de pesquisa e extensão, atualmente atua como bolsista no projeto. Desenvolvimento de compósitos poliméricos fibrosos aplicados a construção civil.

E-mail: lorrancarneiro.26@gmail.com

Matheus Vinicius Falcão Moreira

Bacharel em Energia e Sustentabilidade pelo CETENS/UFRB (2018). Graduando em Engenharia de Materiais no CETENS/UFRB. É bolsista de iniciação científica no projeto Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos Fibrosos Aplicados a Construção Civil, atuando assim na área de compósitos poliméricos utilizando fibras como reforço.

E-mail: mfalcao1994@gmail.com

Maurício Chagas de Menezes Júnior

Discente do curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Integrante do grupo de pesquisa e desenvolvimento científico CETRICS (Centro de Estudos em Tribologia e Corrosão de Superfícies). Desenvolvedor de alguns softwares e Máquinas de manufatura aditiva e subtrativa.

E-mail: mauriciommenezes@gmail.com

Menilde Araújo Silva Bião

Doutoranda em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial no Centro Universitário SENAI CIMATEC. Docente na Faculdade Estácio

de Feira de Santana. Fundadora/Presidente no Instituto PEPO. Atua nos seguintes temas: Órteses e Próteses (avaliação, prescrição, confecção, Habilitação/Reabilitação); Impressão 3D.

E-mail: menildearaujo@hotmail.com

Midian Jesus de Souza Marins

Professora Assistente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, lotada no CETENS. Mestre em Estudos Linguísticos e Doutoranda, ambos pela Universidade Estadual de Feira de Santana e especialista em Libras. Com formação inicial em cursos de Letras se debruça em trabalhos que contemplem os sujeitos surdos, sua língua sinalizada e cultura.

E-mail: midiansouza@ufrb.edu.br

Pollyana da Silva Melo Cardoso

Engenheira de Materiais e doutora em Ciências e Engenharia de Materiais pela UFS. Atua como coordenadora dos Laboratórios de Ensaio e Caracterização e professora no Senai Cimatec. Possui experiência na área de Materiais, com ênfase em blendas poliméricas, caracterização e falha de materiais.

E-mail: pollyanam@fieb.org.br

Samara Rebeka Pita Maciel

Atualmente é Graduanda em Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

E-mail: rebekapitta3@hotmail.com

O livro “Práticas e aplicações tecnológicas sustentáveis” escrito por docentes e discentes do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, ofertado pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, é composto por trabalhos inéditos desenvolvidos em disciplinas do referido curso ao longo da sua existência. Com o objetivo de divulgar as ações desenvolvidas pelo corpo acadêmico do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade este e-book tem uma proposta inovadora ao discutir temas interdisciplinares que versam sobre projetos tecnológicos sustentáveis.

ISBN: 978-65-88622-39-1



9 786588 622391



Editora UFRB