

GESTÃO DA INOVAÇÃO COLABORATIVA NA INDÚSTRIA DE COMPONENTES AUTOMOTIVOS MEDIADA PELA BIOMIMÉTICA E METODOLOGIA *LIGHTNING DECISION JAM*

Rosinei Batista Ribeiro, CGPEP/CEETEPS, SP, rosinei1971@gmail.com

Ivan Vieira Gama, CGPEP – CEETEPS – SP, ivan.gama@fatec.sp.gov.br

Eliane Antônio Simões, CGPEP – CEETEPS – SP, eliane.simoes@cpspos.sp.gov.br

Juliana M. de V. F. Freire, CGPEP–CEETEPS– SP, juliana.freire@cpspos.sp.gov.br

Sandra O. M. Gonçalves, CGPEP–CEETEPS - SP, sandra.goncalves@cpspos.sp.gov.br

Rafael Nobre Orsi, CGPEP–CEETEPS – SP, rafael.orsi@hotmail.com

RESUMO: Este relato de experiência apresenta uma parceria entre o Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza (CGPEP-CEETEPS) e uma empresa fabricante de autopeças, voltada ao desenvolvimento de soluções inovadoras para a redução do peso de componentes automotivos. O trabalho descreve o uso da metodologia *Lightning Decision Jam (LDJ)* como ferramenta colaborativa para definição de problemas e soluções por meio do processo de imersão de docentes e discentes na empresa para a concepção dos dados, desenvolvimento da metodologia *in loco*, implementação e experimentação teórica, por meio dos conceitos de biomimética para o novo *design* e a operacionalização com uso de tecnologias como Método dos Elementos Finitos (MEF) e prototipagem 3D. A proposta resultou em rodas (produto) mais leve e eficiente, ora na geometria e detalhamento técnico inspirado nos elementos naturais do casco de tartaruga. Os resultados destacam os impactos positivos da cooperação entre indústria e academia na geração de soluções econômicas, sociais e ambientais.

PALAVRAS-CHAVES: INOVAÇÃO; *LIGHTNING DECISION JAM*; BIOMIMÉTICA; ENGENHARIA DA PRODUÇÃO; PARCERIA ACADEMIA-INDÚSTRIA.

ABSTRACT: *This experience report presents a partnership between the Professional Master's Program in Management and Technology in Production Systems at Centro Paula Souza (CGPEP-CEETEPS) and an auto parts manufacturer, aimed at developing innovative solutions for reducing the weight of automotive components. The work describes the use of the Lightning Decision Jam (LDJ) methodology as a collaborative tool for defining problems and solutions, the application of biomimicry concepts in the development of new designs, and the use of technologies such as Finite Element Analysis (FEA) and 3D prototyping. The proposal resulted in a lighter and more efficient wheels (product), inspired by the geometry of a turtle's shell. The results highlight the positive impacts of industry-academia cooperation in generating sustainable and competitive solutions.*

KEYWORDS: *INNOVATION; LIGHTNING DECISION JAM; BIOMIMICRY; PRODUCTION ENGINEERING; ACADEMIA-INDUSTRY PARTNERSHIP.*

1. Introdução

A inovação tem se tornado um requisito essencial para a competitividade no setor automotivo, especialmente em mercados cada vez mais regulados e exigentes como os de veículos de carga e linha pesada. Nesse cenário, a redução de peso em componentes estruturais representa uma estratégia promissora, capaz de conciliar desempenho técnico, economia de recursos e responsabilidade socioambiental.

Em 2024, foi estabelecida uma parceria por meio de convênio de cooperação técnico-educacional entre o Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos na Unidade de Pós-graduação, Extensão e Pesquisa do Centro Estadual de Ensino Tecnológico Paula Souza (UPEP-CEETEPS) e uma empresa líder global na fabricação de componentes automotivos. Como parte dessa iniciativa, os docentes e discentes da disciplina de Gestão da Inovação Tecnológica receberam o desafio de desenvolver soluções para a redução do peso de componentes de aço carbono e alumínio ligas por meio de métodos ágeis e colaborativos para a ideação e prototipagem, promovendo a integração entre conhecimento acadêmico e demandas industriais reais.

O presente relato de experiência tem como objetivo compartilhar os resultados da aplicação da metodologia *Lightning Decision Jam (LDJ)* e da abordagem de biomimética no *design* de peças automotivas mais leves, desenvolvidos por docentes e discentes do mestrado profissional em plena colaboração com profissionais da empresa parceira.

A investigação abordou a seguinte questão de pesquisa: Como a aplicação colaborativa de metodologias ágeis e conceitos de biomimética pode contribuir para o desenvolvimento de componentes mais leves e sustentáveis na indústria automotiva?

A partir dessa questão, foram definidos os seguintes objetivos: (1) aplicar a metodologia *LDJ* em um ambiente industrial com foco na gestão da inovação colaborativa; (2) desenvolver um *design* de componente automotivo com alívio de massa inspirado nas técnicas dos elementos naturais e conceitos da biomimética; (3) avaliar os impactos e desafios da implementação do novo *design* por meio de simulações computacionais e prototipagem 3D na engenharia de produto (Gonçalves, 2024). Este estudo é relevante por evidenciar como a articulação entre a academia e o setor produtivo, que resultou em soluções reais e aplicadas, o que reforça a importância da interdisciplinaridade, da sustentabilidade e da inovação aberta no desenvolvimento de produtos.

2. Descrição do Problema

Diante de um cenário competitivo, marcado pela entrada de novos *players* no segmento de componentes para veículos de carga, a empresa parceira identificou a necessidade de reduzir o peso de seus produtos como uma prioridade estratégica. Essa demanda está alinhada a diversos fatores-chave, tais como:

- **Eficiência de combustível:** Veículos mais leves exigem menos energia para acelerar e manter a velocidade, resultando em menor consumo de combustível. Isso é especialmente importante em um mercado focado na eficiência e sustentabilidade;
- **Emissões mais baixas:** Com a melhora na eficiência de combustível, as emissões de gases poluentes também diminuem, atendendo a regulamentações ambientais e às metas de sustentabilidade da empresa;
- **Desempenho veicular:** A redução de peso favorece a frenagem, estabilidade, agilidade em curvas e manobras e a dinâmica geral do veículo, o que melhora a experiência de condução e a segurança;
- **Maior capacidade de carga útil:** Em veículos comerciais, reduzir o peso dos componentes pode liberar maior capacidade de carga, aumentando a utilidade e a rentabilidade sem ultrapassar os limites legais de peso.

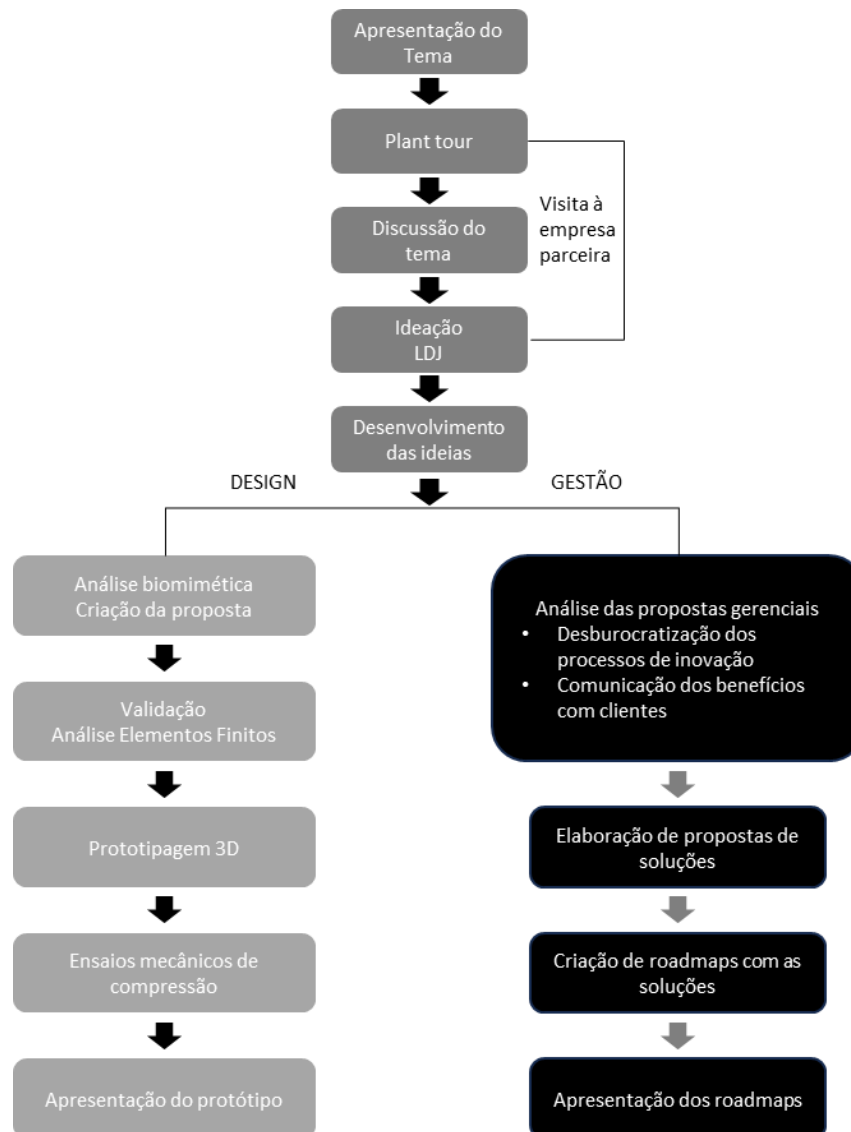
Diante desse desafio, a empresa buscou a colaboração com a CGPEP-CEETEPS para desenvolver soluções inovadoras a partir de uma perspectiva acadêmica e multidisciplinar. O foco da parceria concentrou-se em duas frentes: (1) gestão da inovação e (2) engenharia de produto (*design*). Este relato se dedica à experiência do grupo de engenharia. O problema foi proposto pelo laboratório de inovação da empresa aos docentes e discentes da disciplina de Gestão da Inovação Tecnológica ao Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sistemas Produtivos, as quais se destacam: Como redesenhar componentes veiculares para reduzir seu peso sem comprometer a resistência dos materiais e a segurança do produto? A resposta a essa pergunta demandou uma abordagem criativa e estruturada, com base em métodos ágeis de definição de problemas e geração de soluções em situações reais.

3. Solução Desenvolvida (Percurso Metodológico)

O percurso metodológico adotado pode ser descrito em quatro grandes etapas: (1) alinhamento inicial com a empresa parceira, (2) imersão técnica com visita à planta industrial, (3) realização de um Ideathon com aplicação da metodologia *LDJ*, e (4) desenvolvimento da solução técnica com base em conceitos de biomimética e tecnologias de simulação e prototipagem. A Figura 1 apresenta, de forma macro, o fluxo proposto para a execução da pesquisa e do desafio de inovação, descrevendo os passos desde a introdução do tema até a apresentação dos resultados.

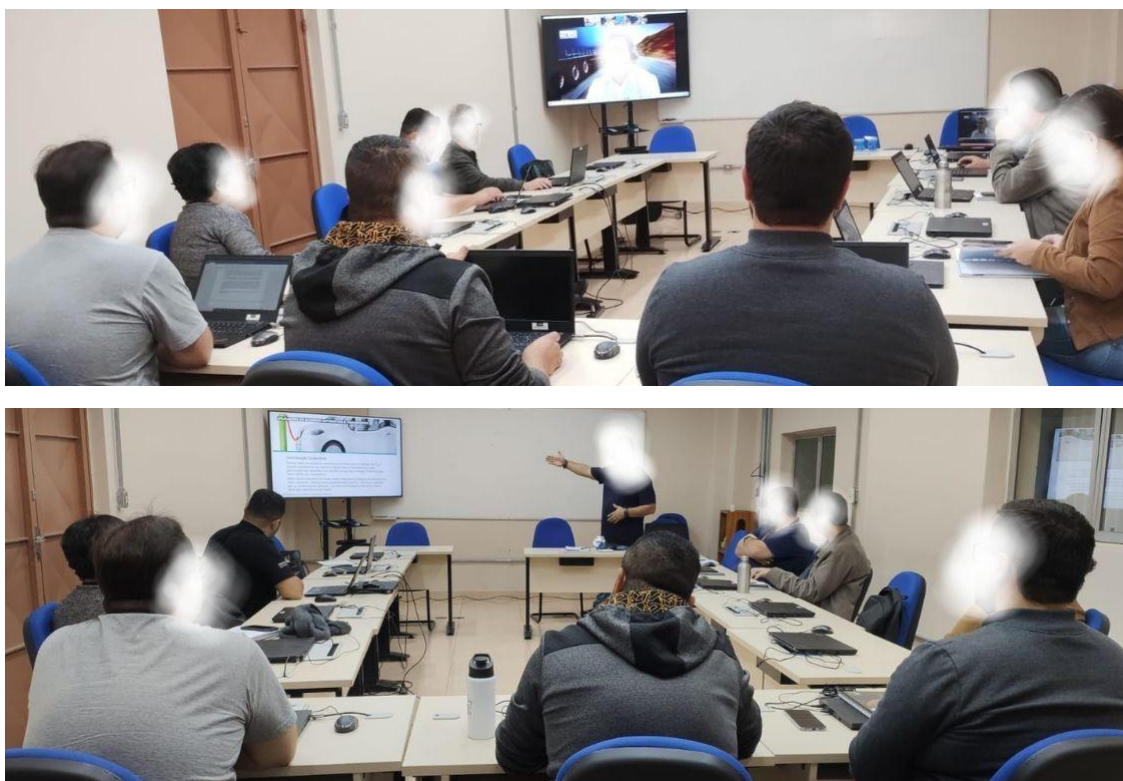
A atividade teve início com uma reunião híbrida (remota) entre os docentes e discentes do PPG em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos da UPEP-CEETEPS e o grupo de inovação da empresa, na qual foram definidos os objetivos e o escopo do desafio. Os representantes da empresa apresentaram as etapas do processo de produção dos componentes automotivos e as abordagens adotadas para promover uma cultura organizacional de inovação tecnológica. Os discentes também participaram de uma aula teórica com professor da CGPEP-CEETEPS sobre as propriedades dos materiais dos aços carbono e inoxidável, alumínio e suas ligas para o nivelamento dos conceitos a serem utilizados na engenharia de produto, Figura 2.

Figura 1 - Metodologia empregada na proposta do desafio e na análise de solução do problema de redução de peso



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 2 - (a) e (b) Desafio proposto em reunião com os representantes da empresa e aula teórica



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Em seguida, realizou-se uma visita técnica à planta da empresa, possibilitando o contato direto dos docentes e discentes com toda a cadeia de produtiva e a coleta de dados com a equipe da planta industrial, Figura 3.

Em ambiente produtivo, iniciou-se o *Ideathon*, evento colaborativo que promove a geração rápida de ideias inovadoras e soluções para desafios específicos, funcionando como plataforma eficaz para fomentar ecossistemas colaborativos e desenvolver habilidades empreendedoras dos participantes, especialmente em contextos educacionais (Ghobakhloo *et al.*, 2021). Na ocasião, foi aplicada a metodologia *Lightning Decision Jam (LDJ)* (Becker, 2020), que auxilia na identificação de problemas e na tomada de decisões em grupo, de maneira estruturada e transparente. A dinâmica, com duração de aproximadamente duas horas, envolveu docentes, discentes e colaboradores da empresa em oito etapas bem definidas, com destaque para a identificação dos principais problemas, a idealização de soluções e a definição de um plano de ação, Figura 4.

Figura 3 – Visita técnica à planta da empresa e a interação com as demandas reais



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 4 – *Ideathon* com participação de discentes, docentes do PPG em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos e colaboradores da empresa no ambiente produtivo

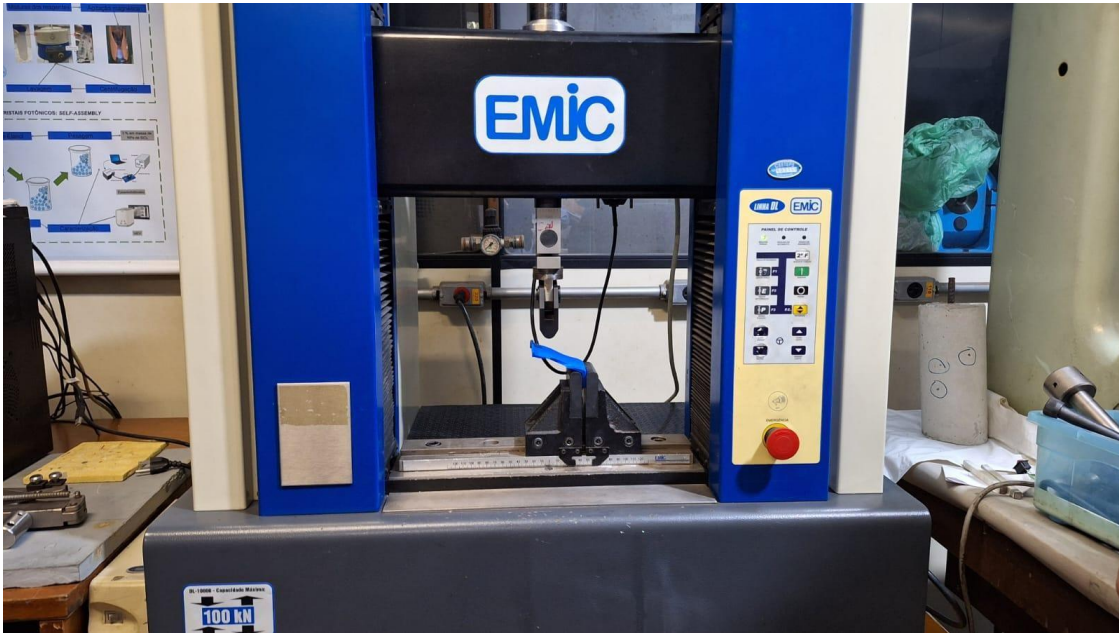


Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os desafios selecionados como prioritários durante a *LDJ* foram distribuídos entre dois grupos com focos distintos: Gestão da Inovação e Engenharia. O grupo de Engenharia concentrou-se na análise técnica e no desenho do produto, desenvolvendo uma proposta de roda com peso reduzido baseada em biomimética (Sá & Vianna, 2020).

A partir da observação de elementos naturais, foi criado um *design* inspirado no casco de tartaruga, incorporando elevações geométricas (gomos) que aumentam as propriedades, características estruturais e sem necessidade de espessura adicional. A viabilidade do novo *design* foi validada por meio de protótipos impressos em modelagem 3D em escala reduzida, seguidos por ensaios mecânicos com análise de compressão e perfis (Figura 5) realizados no laboratório de materiais na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, unidade de SP - FATEC – CEETEPS.

Figura 5 – Impressão do protótipo 3D em escala reduzida da proposta de *design* do componente



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Exposto isso, trinta dias após a visita à planta, foi realizada uma cerimônia de encerramento do *Ideathon* por videoconferência para apresentação dos resultados e análises de forma crítica de engenharia de produto, diante das soluções propostas em escala acadêmica e com dimensões reais de uso em âmbito industrial.

4. Resultados

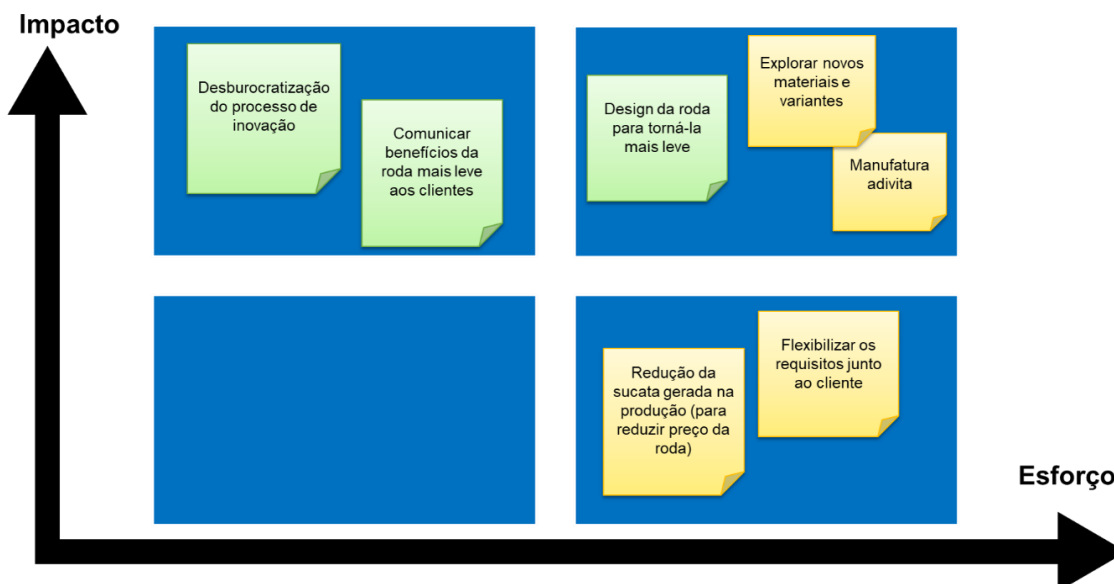
A aplicação da metodologia *LDJ* e o desenvolvimento subsequente do novo *design* do componente proporcionaram resultados significativos tanto do ponto de vista técnico quanto por meio do avanço metodológico, com o uso de tecnologias no campo de *design* e engenharia de produto.

4.1 Resultados da LDJ

Inspirada nos princípios do *Design Sprint* e nas metodologias ágeis, a *LDJ* promove a colaboração entre os participantes, evitando discussões infrutíferas e focando na definição clara de problemas e na geração de soluções (Wagner, 2019; Allahar & Sookram, 2019). Consiste em oito etapas, realizadas em tempo pré-definido. A colaboração entre os docentes e discentes do PPG Mestrado Profissional e colaboradores

da empresa parceira resultou na geração de ideias estruturadas, monitoradas e coordenadas, convertidas em propostas de ação viáveis para implementação e operacionalização. Os resultados da dinâmica estão representados na Figura 6.

Figura 6 – Resultados da dinâmica colaborativa entre os docentes, discentes e colaboradores da empresa com a aplicação da metodologia ágeis, tipo *LDJ*



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Com base na prototipação em *post it* e análise dos desafios, o grupo de Engenharia foi direcionado a trabalhar em uma solução técnica para o alívio de massa no disco da roda, sem comprometer sua resistência estrutural e com viabilidade de produção em escala industrial.

4.2 Design de componente automotivo inspirado na biomimética

Um novo *design* geométrico para o disco da roda, incorporando ressaltos ao longo do perfil lateral com espessura constante, foi a solução desenvolvida para o desafio de redução de peso de componentes automotivos. Inspirada pela biomimética (observação da natureza), especificamente na estrutura do casco da tartaruga, a solução propõe uma elevação semelhante a "gomos" que proporciona maior resistência ao disco da roda com menos matéria-prima. A aplicação desse modelo biológico foi crucial para atender à necessidade de redução de peso dos componentes automotivos sem comprometer a segurança ou a integridade estrutural da peça.

O casco da tartaruga, possui uma estrutura biológica que distribui as cargas de

maneira eficiente, garantindo durabilidade mesmo com uma espessura reduzida. A geometria arqueada do casco permite a distribuição uniforme de forças, minimizando tensões concentradas e aumentando a sua durabilidade. Assim, a adaptação da forma natural ao *design* do componente possibilita o equilíbrio de cargas e reduz o uso de material, melhorando a performance geral do veículo, Figura 7.

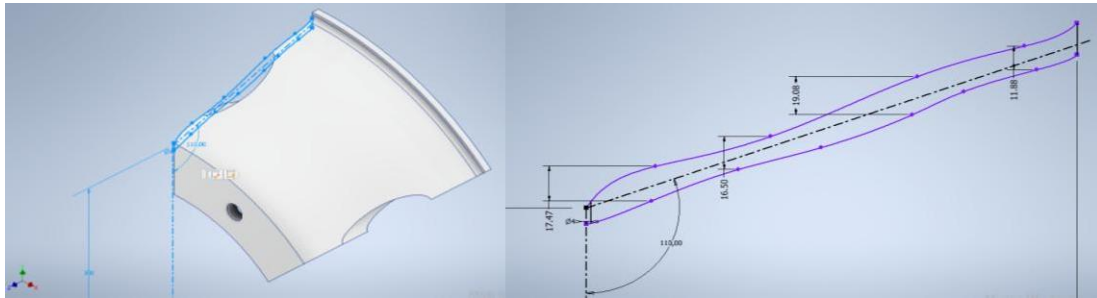
Figura 7 - Casco de tartaruga (corte transversal ilustrativo) para análise da topografia e morfologia adotada no desenvolvimento de produto, sob ótica dos elementos naturais



Fonte: Unicentro, s. d.

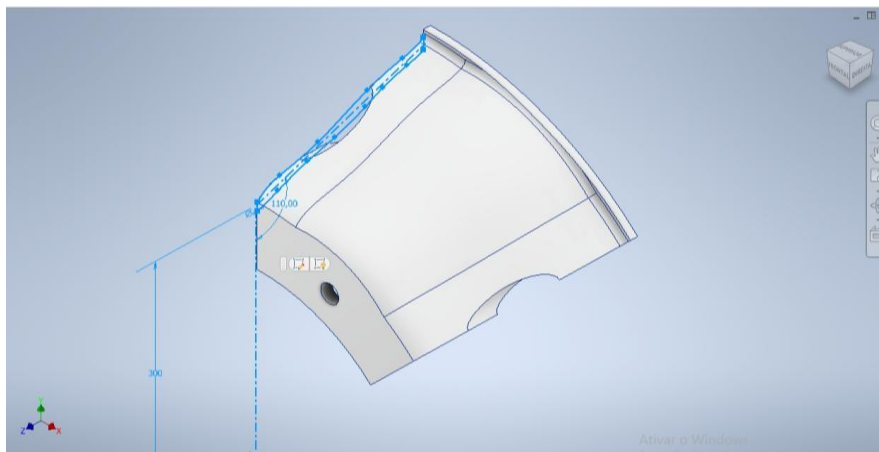
A nova geometria foi modelada com base na varredura de uma seção de 45° do componente (Figura 8), à qual foram adicionadas elevações equivalentes aos "gomos" do casco da tartaruga (Figura 9). Utilizando métodos avançados de elaboração, como o ajuste de superfícies curvas por meio de *NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines)*, o formato do casco pode ser refinado para obter a melhor combinação de leveza e resistência. Essa modificação proporciona uma redução da espessura da chapa utilizada, resultando em menor consumo de matéria-prima, sem grandes alterações no sistema produtivo existente.

Figura 8 - Perfil base das peças em Aço Carbono, Inoxidável e liga de Alumínio AA 6010



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 9 - Varredura do perfil em uma secção de 45°, com a adoção da biomimética propondo uma elevação como um gomo do casco da tartaruga



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

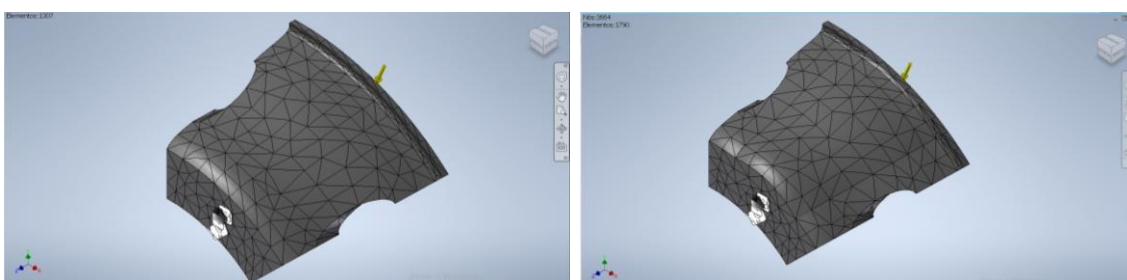
O método *NURBS* é uma técnica matemática usada para modelar curvas e superfícies em projetos de engenharia e computação gráfica (modelagem estrutural em 3D). Ele permite criar formas, geometrias, linhas, texturas complexas e suaves, ajustando pontos de controle para definir a estética e o formato, adaptáveis, flexíveis e exatos, em uma combinação harmônica entre o desenvolvimento de produtos e a manufatura de componentes automotivos. A principal vantagem do *NURBS* é a capacidade de representar curvas e superfícies com diferentes graus de complexidade, desde linhas retas até superfícies orgânicas, garantindo precisão no *design* e otimização estrutural (Piegl & Tiller, 2012).

4.3 Validação por Método dos Elementos Finitos (MEF)

O Método dos Elementos Finitos (MEF) foi utilizado para comparar o modelo original (perfil base) com o modelo modificado (perfil proposto) e validar sua viabilidade. O MEF é uma ferramenta de simulação computacional amplamente utilizada na engenharia para prever o comportamento de componentes e sistemas sob diversas condições de operação. No contexto de uma fábrica de componentes automotivos para veículos pesados, o MEF desempenha um papel crucial no desenvolvimento, otimização e validação do *design* das peças, garantindo que elas atendam aos requisitos de desempenho, segurança e durabilidade exigidos para esse tipo de aplicação.

O MEF divide um objeto complexo, como uma roda, em uma malha de pequenos elementos finitos interligados, cada um representando uma pequena parte do material. Esses elementos são conectados por nós, que são pontos em que as equações do modelo físico são resolvidas. Ao aplicar forças, tensões, temperaturas ou outras condições de contorno aos elementos, o MEF permite calcular como o componente inteiro irá reagir a esses estímulos. Por esse processo, é possível comparar, por exemplo, a malha gerada nos dois modelos (perfil base e perfil proposto). Em análise utilizando o aço carbono como matéria-prima, representada na Figura 10, observa-se que a malha na nova geometria proposta apresenta maior complexidade nas simulações.

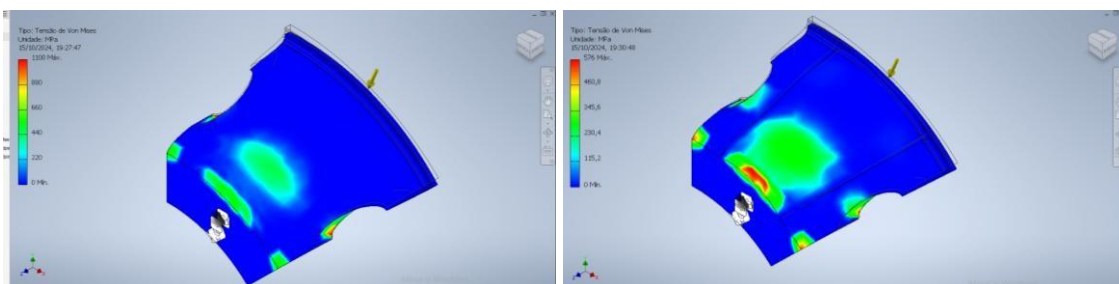
Figura 10 – Malhas geradas na análise por elementos finitos com utilização de aço carbono



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Para avaliar o desempenho mecânico dos dois modelos na simulação computadorizada, foram aplicadas condições de carga de forma equivalente em ambos os perfis, com 35.500 N sobre a mesma seção, sendo observados acúmulos de tensão nos furos de refrigeração, Figura 11.

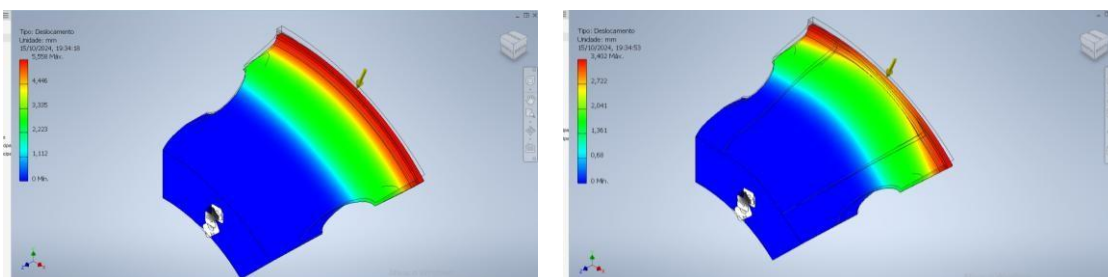
Figura 11 - Comparativo das tensões com carga aplicada de 35500N nos materiais estudados



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na análise de deslocamento do perfil com a carga, apresentada na Figura 12, nota-se uma maior amplitude (maior que 30%) no perfil base.

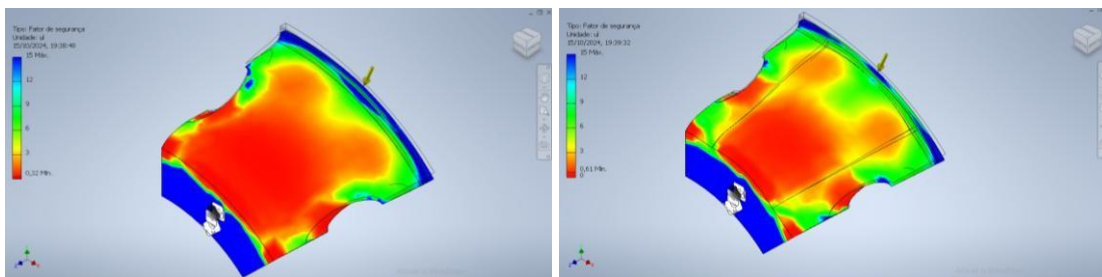
Figura 12 - Comparativo da análise de deslocamento de perfil



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Já na análise de fator de segurança, o perfil proposto apresenta desempenho superior, mesmo ambos ficando abaixo de 1 com essa carga em apenas uma seção, Figura 13.

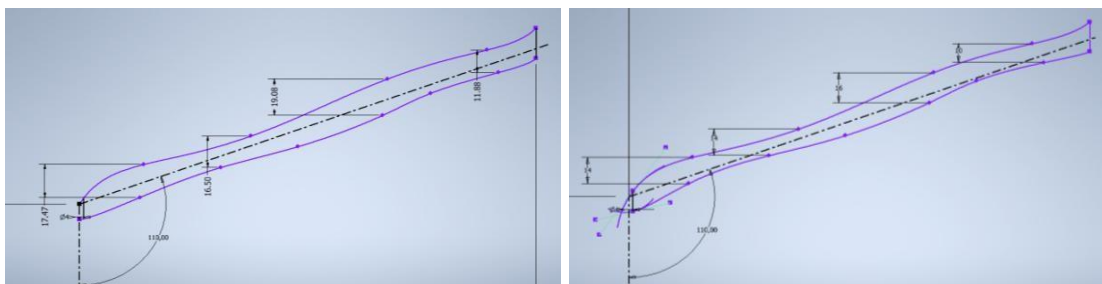
Figura 13 - Comparativo da análise de fator de segurança



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Uma vez comprovada a viabilidade da aplicação da nova geometria, trabalhou-se com o alívio de massa no perfil proposto (Figura 14) para obter desempenho similar ao perfil base e atender a proposta do desafio de redução do peso do componente.

Figura 14 - Análise de perfil base vs. perfil com alívio de massa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Tabela 1 - Características físicas de perfil base vs. perfil com alívio de massa em aço inoxidável

CARACTERÍSTICA	PERFIL BASE	PERFIL MODIFICADO
Material	Aço inoxidável	Aço inoxidável
Densidade	8g/cm ³	8g/cm ³
Massa	9,26906 kg	8,37932 kg
Área	183381 mm ²	185880 mm ²
Volume	1158630 mm ³	1047420 mm ³
Centro de gravidade	x = 123,602 mm y = 298,353 mm z = -106,02 mm	x = 124,042 mm y = 299,474 mm z = -102,86 mm

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na comparação das características físicas entre o perfil original e o perfil modificado com os elementos de biomimética e com o alívio de massa, revelou-se uma redução de aproximadamente 9,5% na massa total da peça para os três materiais testados: aço carbono, aço inoxidável e alumínio 6061, Tabelas 1, 2 e 3 respectivamente. Essa redução é significativa quando se considera a produção em larga escala e seu impacto no desempenho veicular.

Tabela 2 - Características físicas de perfil base vs. perfil com alívio de massa em aço carbono

CARACTERÍSTICA	PERFIL BASE	PERFIL MODIFICADO
Material	Aço carbono	Aço carbono
Densidade	7,85g/cm ³	7,85g/cm ³
Massa	9,09527 kg	8,22221 kg
Área	183381 mm ²	185880 mm ²
Volume	1158630 mm ³	1047420 mm ³
Centro de gravidade	x = 123,602 mm y = 298,353 mm z = -106,02 mm	x = 124,042 mm y = 299,474 mm z = -102,86 mm

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Tabela 3 - Características físicas de perfil base vs. perfil com alívio de massa do alumínio 6061

CARACTERÍSTICA	PERFIL BASE	PERFIL MODIFICADO
Material	Alumínio 6061	Alumínio 6061
Densidade	2,7g/cm ³	2,7g/cm ³
Massa	3,12831 kg	2,82802 kg
Área	183381 mm ²	185880 mm ²
Volume	1158630 mm ³	1047420 mm ³
Centro de gravidade	x = 123,602 mm y = 298,353 mm z = -106,02 mm	x = 124,042 mm y = 299,474 mm z = -102,86 mm

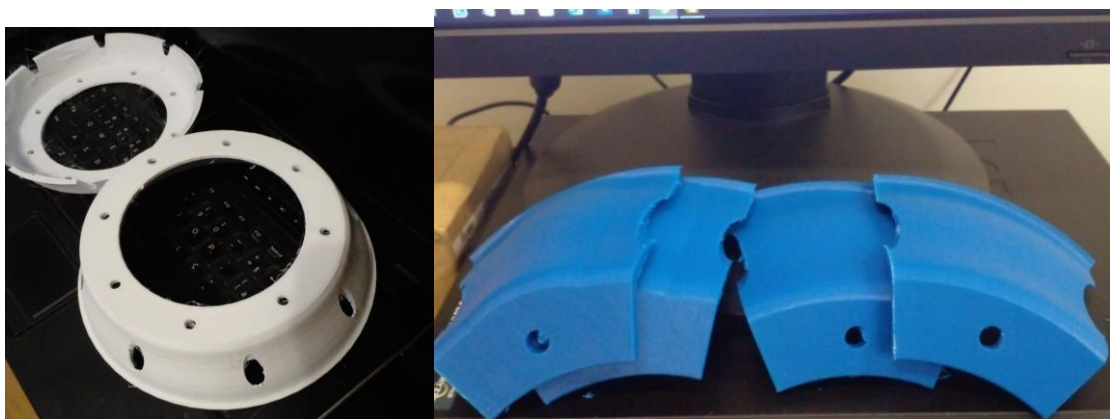
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Uma vez concluídas as simulações, e para validar fisicamente a proposta, foi elaborado um protótipo em impressão 3D, possibilitando a visualização detalhada da nova geometria e testes preliminares de resistência e usabilidade.

4.4 Prototipagem por impressão 3D e ensaios mecânicos

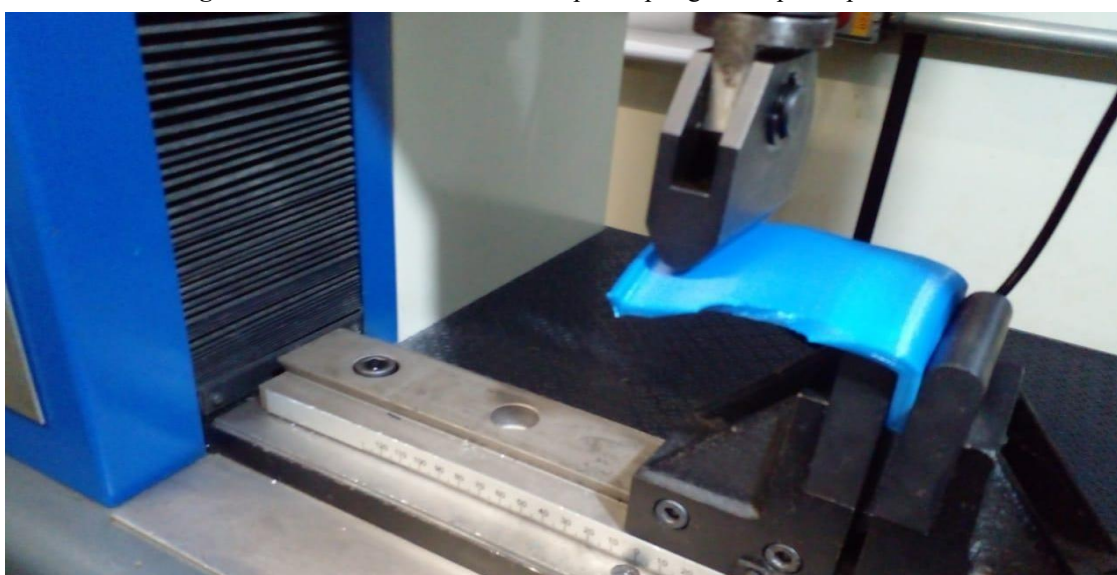
Após a validação do novo *design* nas simulações comparativas, foram desenvolvidos protótipos por impressão 3D em PLA (Figura 15) e submetidas a ensaios de compressão, Figuras 16 e 17.

Figura 15 - Protótipos gerados por impressão 3D para análise forma e geometria dos componentes



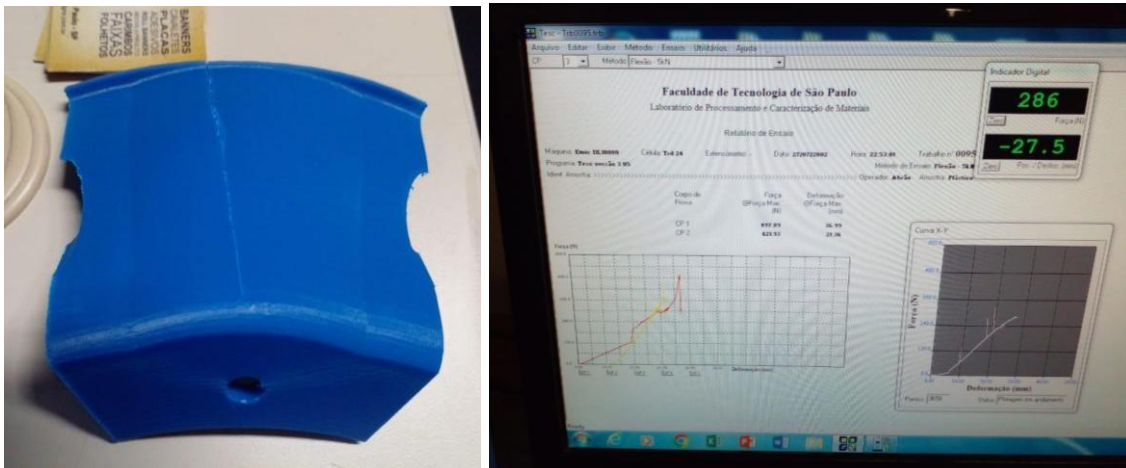
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 16 - Testes de resistência dos protótipos gerados por impressão 3D



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 17 - Testes de resistência dos protótipos gerados por impressão 3D



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A produção de protótipos usando métodos convencionais, como usinagem ou moldagem, pode ser cara e demorada. A prototipagem por impressão 3D, por outro lado, permite a criação de modelos mais rapidamente e a custos menores por eliminar a necessidade de fabricar ferramentas e moldes especiais a cada iteração do *design*.

Embora em escala reduzida e com materiais diferentes dos utilizados na produção final das peças, os resultados dos testes com os protótipos 3D corroboraram as simulações, indicando que a proposta é tecnicamente viável e possui bom desempenho inicial.

4.5 Apresentação da proposta e o Desafio – Ideathon

O projeto foi encerrado com a apresentação da proposta do novo *design* e dos resultados obtidos nas simulações e nos testes com os protótipos 3D para representantes da empresa parceira. Os discentes compartilharam seus achados, contemplando não apenas aspectos técnicos como também estratégicos e comerciais da solução.

A implementação de ressaltos ao longo do disco da roda, inspirados no casco da tartaruga, oferece benefícios significativos. Com uma redução estimada de 9,5% no peso do componente de disco, a economia de matéria-prima resulta diretamente na diminuição do peso da peça, o que melhora o manuseio do veículo e a eficiência de frenagem. A solução também contribui para a redução de emissões, alinhando-se com metas de sustentabilidade e tornando o produto mais atrativo no mercado (García-Castanedo *et al.*, 2024). Assim, ao diminuir o peso e incorporar um *design* inovador, o projeto agrega valor ao produto, promovendo mais sustentabilidade e competitividade para a empresa.

Porém, embora a solução apresentada para o desafio ofereça vantagens, também levanta algumas preocupações que devem ser abordadas. Primeiramente, é fundamental garantir a resistência do novo modelo, assegurando que ele possa suportar as condições de uso sem comprometer a segurança. Além disso, a incompatibilidade com o produto atual pode exigir adaptações no *design* ou na fabricação, o que pode impactar a implementação.

A necessidade de um novo *setup* de máquinas para processar a chapa na espessura adequada também é um fator a ser considerado, pois pode gerar custos adicionais e exigir treinamento da equipe. Outros aspectos a serem avaliados incluem a possibilidade de ruídos durante a operação e a eficácia da aerodinâmica do novo produto, que é crucial para otimizar o desempenho do veículo. Assim, essas preocupações precisam ser cuidadosamente analisadas e mitigadas para garantir o sucesso da implementação da nova solução.

5. Conclusão

O desafio proposto pela empresa parceira foi uma oportunidade de transferência de tecnologia entre indústria e academia, estratégia construtiva na relação de demanda de mercado e tecnologia desenvolvida em Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) como a CGPEP-CEETEPS. Este relato de experiência evidencia a eficácia desse tipo de parceria na busca por soluções sustentáveis e inovadoras para desafios reais.

A aplicação da metodologia *LDJ* se mostrou uma ferramenta poderosa para mapear problemas de forma colaborativa e objetiva, resultando na geração de ideias relevantes e viáveis. O desenvolvimento de um novo *design* para o componente automotivo, inspirado na biomimética, demonstrou que a natureza pode servir como referência eficaz para problemas complexos de engenharia. A geometria baseada na estrutura dos elementos naturais e inspirados no casco de tartaruga permitiu reduzir o peso do componente em cerca de 9,5% sem comprometer a segurança, validado por análises computacionais e protótipos físicos produzidos em impressora 3D.

Além do benefício técnico, a experiência contribuiu para o desenvolvimento de competências fundamentais nos docentes e discentes, como trabalho em equipe, pensamento sistêmico, criatividade aplicada e comunicação com partes interessadas.

Dessa forma, conclui-se que a adoção de abordagens interdisciplinares, combinando métodos ágeis, tecnologias digitais e biomimética, pode ser um diferencial competitivo importante na indústria automotiva. Recomenda-se a continuidade do projeto com testes em escala real, avaliação do impacto econômico e aprimoramento do processo produtivo, visando a viabilidade da solução no mercado.

Referências bibliográficas

- ALLAHAR, H., & SOOKRAM, R. A university business school as an entrepreneurial ecosystem hub. **Technology Innovation Management Review**, 9(11), 15–25, 2019. <https://doi.org/10.22215/timreview/1280>. Acesso em: 22 mai. 2025.
- BECKER, J. Lightning Decision Jam: A workshop to solve any problem, with any amount of people. **Open Practice Library**. [S. l.], 23 jan. 2020. Disponível em: <<https://openpracticelibrary.com/practice/decision-jam/>>. Acesso: 28 out. 2024.
- GHOBAKHLOO, M.; IRANMANESH, M.; GRYBAUSKAS, A.; VILKAS, M.; PETRAITĖ, M. Industry 4.0, innovation, and sustainable development: A systematic review and a roadmap to sustainable innovation. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 8, p. 4237-4257, 2021. DOI: 10.1002/bse.2867.
- PIEGL, L.; TILLER, W. **The NURBS book**. 2a ed. Springer Science & Business Media, 2012.
- SÁ, A. A. M. de; VIANNA, D. M. Design e biomimética: uma revisão sobre o estado da arte no cenário brasileiro. **Mix Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 137-150, 2020. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v7.n1.137-150.
- GARCÍA-CASTANEDO, J.; CORRALES-GARAY, D.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, J. L.; GONZÁLEZ-TORRES, T. The ideathon as an instrument for entrepreneurial education in university contexts. **The International Journal of Management Education**, v. 22, n. 1, p. 100926, 2024. Acesso: 22 mai. 2025.
- GONÇALVES, S. O. M. A utilização de *crowdsourcing* como ferramenta para inovação para PMEs do setor de construção civil no Brasil. 233 f. **Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos)**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2024. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/dissertacao/a-utilizacao-de-crowdsourcing-como-ferramenta-para-inovacao-para-pmes-do-setor-de-construcao-civil-no-brasil>. Acesso em: 22 mai. 2025.
- UNICENTRO. Você sabia que as tartarugas não conseguem sair de seus cascos? **Museu de Ciências Naturais: uma visita interativa**. Guarapuava, Paraná, [s. d.]. Disponível em: <<https://www3.unicentro.br/museuinterativo/qrcode5/>>. Acesso em: 23 out. 2024.
- WAGNER, L. M. My Secret Super Power: Lightning (Decision Jams). **Medium**. [S. l.], 17 mar. 2019. Disponível em: <<https://lisamowagner.medium.com/my-secret-super-power-lightning-decision-jams-e0d5b861f04c>>. Acesso em: 23 out. 2024.