

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

**INOVAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM PROCESSO PRODUTIVO DE FUNILARIA
DO SEGMENTO AUTOMOBILÍSTICO SEM PREJUÍZO AOS PRINCÍPIOS DE
INDÚSTRIA 4.0**

JANIS FERNANDA FERRAZ CHAVES

Orientador: Ângela de Moura Ferreira
Danilevicz

PORTO ALEGRE

AGOSTO/2023

Resumo: A alta competição, dinamicidade e consumo de recursos do setor automobilístico vêm obrigando as empresas a aumentarem a sua eficiência e melhor gerenciamento dos recursos utilizados para a produção de veículos de maneira a impactar cada vez menos. Desta forma, este artigo apresenta as ideias de inovações sustentáveis levantadas pela empresa e como foram aplicadas na ferramenta DEIN que auxiliou na tomada de decisão de exequibilidade da ideia. O estudo apresenta a importância de ideias sustentáveis no ambiente automobilístico e como a geração de resíduos bem gerenciada ou até mesmo evitada, pode trazer ganhos de sustentabilidades, redução de custos e eficiência operacional. Os resultados de ideias encontradas foram a maximização de colas de tambores industriais do setor de funilaria, redução de sucatas metálicas, EPIs de alta duração e digitalização das folhas de trabalho padronizada. A ideia que obteve maior índice de exequibilidade teve um plano de ação planejado para o andamento de estudos futuros, esta ideia é a de maximização de colas no qual melhora a aplicação de cola e por consequência gera menos desperdícios.

Palavras-chave: Inovação sustentável, resíduos industriais, setor automobilístico.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da crise da pandemia do COVID-19 que impactou de forma significativa o setor automotivo no Brasil, registrando perdas durante dez meses no ano de 2020 (SANTOS E LUZ, 2021), ele ainda possui grande relevância no país em fatores econômicos, uma vez que representou, em 2022, 20% do Produto Interno Bruto (PIB) da indústria e 2,5% do PIB total brasileiro - empregando em sua cadeia produtiva mais de 1,2 milhão de pessoas. Nesse mesmo ano, esse cenário voltou a crescer devido à retomada das linhas de produção de veículos, e essa produção ocorreu com tecnologias mais limpas para atender a agenda 2030 (ANFAVEA, 2022).

Para que o Brasil seja um país competitivo, abasteça seu mercado local e consiga exportar essas tecnologias, é preciso injeções de recursos e que as montadoras estejam atualizadas com as tendências de inovações sustentáveis em toda a cadeia produtiva (pesquisa e desenvolvimento, adaptação de fábricas, treinamento de colaboradores, preparação da rede de concessionárias etc.) (ANFAVEA, 2022).

Atualmente, cresce a pressão nas companhias para que o gerenciamento de suas operações ocorra de maneira sustentável, motivando pesquisadores a identificar maneiras

de implementação de ações sustentáveis (JUNIOR, 2020). Ainda que a empresa montadora de veículos - foco da pesquisa - esteja alinhada com as questões ambientais para sustentabilidade, bem como orientadas para a emissão zero de carbono, é necessário atentar-se à geração de resíduos sólidos oriundos da produção desses poluentes, como, por exemplo, na área de funilaria. Esses resíduos são subprodutos resultantes do processo de fabricação do veículo, podendo ser sucatas metálicas, borra de alumínio do processo de injeção, rebarbas do processo de soldagem, dentre outros.

A sustentabilidade ampliou o prisma do meio ambiente agregando, também, preocupação com aspectos sociais e ambientais (JUNIOR, 2020). Além de gerenciar os impactos ambientais da sua manufatura, as organizações devem atentar para os resultados ambientais decorrentes dos processos de manufatura, reduzindo problemas que possam prejudicar sua imagem perante o mercado em que atuam e, também, a sociedade (VANALLE E SANTOS, 2014).

Portanto, o objetivo do presente trabalho consiste na inserção de inovações sustentáveis em um processo automatizado, alinhado com os princípios da Indústria 4.0 no setor automobilístico, de maneira a reduzir a geração de resíduos e sem perda de produtividade. Como resultados, espera-se contribuir para uma produção mais limpa no processo de funilaria do segmento automotivo, reduzindo a geração de resíduos industriais, e agregando valor para a imagem da empresa de 'amiga do meio ambiente'. As delimitações do artigo estão relacionadas aos seguintes tópicos: não será considerado se o projeto do veículo é ou não ambientalmente adequado, pois o foco principal serão inovações relacionadas ao processo produtivo; não são focos as mudanças estratégicas relacionadas à identidade organizacional da empresa, a operacionalização dessas propostas, nem a quantificação financeira de investimentos associados a essa proposta.

O presente artigo se desdobra em cinco seções, sendo que a primeira contextualiza o problema da pesquisa. Na segunda seção, encontra-se o referencial teórico necessário para embasar o trabalho, sejam eles: gestão de resíduos na indústria automotiva, sustentabilidade na Indústria 4.0 e inovações sustentáveis em empresas do setor automobilístico. Em sequência, na seção três são apresentados os procedimentos metodológicos adotados. Na seção quatro estão presentes os resultados e discussões, e por fim, na seção cinco, as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os tópicos: Gestão de resíduos e a indústria automotiva, sustentabilidade na indústria 4.0 e inovação sustentável no setor automobilístico.

2.1 Gestão de resíduos e a indústria automotiva

Os seres humanos geram resíduos desde o início da sua história, e desde a mudança da vida nômade para a vivência em comunidade, a produção de resíduos sólidos tem aumentado. Com o desenvolvimento das cidades, algumas delas criaram políticas sanitárias, mas para outras, esse assunto só se tornou relevante após a Revolução Industrial, quando esse virou um problema sanitário, apresentando perigo à sociedade (WILSON, 2007).

Somente a partir da década de 1970, o resíduo e os seus riscos começaram a ser considerados como questão ambiental. Foi quando se percebeu o quanto o planeta estava sendo degradado pelos resíduos gerados por substâncias de origem biológica, química e radioativa, que vinham deteriorando a saúde do homem e do seu ambiente. Ainda em 1970, a preservação do meio ambiente assumiu caráter global, com as conferências de Estocolmo, em 1972, a Tbilisi, em 1977, e a ECO 92, no Rio de Janeiro (VELLOSO, 2008).

Até a década de 1990, o Brasil não possuía diretrizes gerais de princípios, instrumentos e metas que abordassem a temática dos resíduos sólidos. Diante da necessidade de instituir um ordenamento jurídico legal, com a finalidade de orientar os Estados e os Municípios na implementação de procedimentos ambientalmente corretos de gerenciamento de resíduos sólidos, o Congresso Nacional criou o Projeto de Lei nº 203 de 1991 (BRASIL, 1991) e depois transformou-se na Lei Ordinária 12.305, de 2010 (BRASIL, 2010), instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que fomenta instrumentos capazes de efetuar a gestão adequada de resíduos sólidos (ARANTES E PEREIRA, 2021; ASSIZ, 2016). Segundo o Art. 9.º da PNRS, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos a ordem de prioridade é a seguinte: não geração; redução, reutilização, reciclagem; tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

É importante que as empresas utilizem a abordagem de produção mais limpa no gerenciamento dos resíduos sólidos, já que se trata da aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, com objetivo de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões (SIMIÃO, 2011).

As empresas automobilísticas mudaram suas estratégias para usar iniciativas de economia circular para aumentar o desempenho e a competitividade do produto. Essas mudanças estratégicas são facilitadas por melhorias táticas e operacionais na produtividade e eficiência dos recursos (YUDI et al., 2021)

No desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável são necessários mais entendimento e sofisticação no gerenciamento dos resíduos (SEADON, 2010). Segundo Valério, Silva e Cohen (2008), a geração de resíduos sólidos é um dos maiores problemas na atualidade, em virtude do elevado crescimento populacional, da aceleração do processo de ocupação do solo e do aumento na descartabilidade dos bens de consumo. Assiz (2016, p. 24) afirma que:

Pensando-se na atividade industrial, a reutilização e o aproveitamento de materiais considerados resíduos é cada vez mais necessária no mundo contemporâneo, uma vez que, estes têm se acumulado nos pátios das indústrias.

O crescimento progressivo das indústrias e, conseqüentemente, o lançamento de novos produtos no mercado foram gerando diversos e perigosos resíduos (VELLOSO, 2008). No entanto, essa constante exploração dos recursos naturais e a atividade industrial incessante trazem consigo sérios impactos ambientais e geração contínua de resíduos (ASSIZ, 2016). As atividades industriais resultam em resíduos sólidos de diferentes características, e que precisam ser gerenciados adequadamente para evitar poluição ambiental e danos à saúde da população. As estratégias adotadas pelo segmento no gerenciamento desses resíduos industriais é um desafio, pois a mentalidade da maioria das empresas ainda é focada na abordagem de fim-de-tubo (SIMIÃO, 2011), a qual não se preocupa com a redução desses resíduos, mas somente no fato de não os deixar chegar na natureza.

2.2 Sustentabilidade na Indústria 4.0

O conceito de sustentabilidade surge a partir da discussão sobre a finitude dos recursos e sobre as alterações climáticas, como forma de trazer ao debate a importância da manutenção dos recursos naturais sem comprometer a capacidade para estas e futuras gerações, conforme consta no relatório *Brundtland* - O Nosso Futuro Comum, de 1987 (CORTESE *et al.*, 2019; TORRESI *et al.*, 2010).

O desenvolvimento sustentável considera a sustentabilidade ambiental, que abrange tudo que nos cerca - como água, ar, solo, florestas e oceanos -, a econômica e a sociopolítica, ambas só existem se for mantida a ambiental (TORRESI *et al.*, 2010).

O interesse pela sustentabilidade dentro do ramo empresarial vem crescendo, pois as empresas precisam ajustar as suas estratégias para incluir iniciativas que permitam a operacionalização de ações, não apenas de ganho produtivo como em relação à sustentabilidade no aspecto ambiental, econômico e social. Essas iniciativas muitas vezes sofrem diversas restrições, uma vez que a busca por soluções necessita de esforços de integração e grandes alterações em produtos, processos e no comportamento das pessoas que operam em redes de alta complexidade (PALMA *et al.*, 2017).

Para Amorim (2017), a 4.^a Revolução Industrial trouxe o termo ‘Indústria 4.0’, que em seu conceito engloba as principais inovações tecnológicas referentes à automação, controle e tecnologia da informação aplicadas aos meios de produção.

A Indústria 4.0 é uma relação entre interações humanas e máquinas. É um ambiente de manufatura inteligente baseado em sistemas ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS), que combina tecnologia, soluções de *Internet of Things* (IoT) dentro de um modelo de integração de sistemas (CILIBERTO *et al.*, 2021).

Firjan (2016, p. 10), afirma que:

a Indústria 4.0 pode agregar valor à toda a cadeia organizacional, a partir de mudanças que afetarão diversos níveis dos processos produtivos, como a manufatura, o projeto, os produtos, as operações e os demais sistemas relacionados à produção.

Os avanços tecnológicos provenientes da I.4.0 contribuíram para o panorama de sustentabilidade, já que houve um alto nível de conectividade entre os processos favorecendo a ampliação de produtos customizados e outros elementos que sugerem

profundas alterações nos ambientes organizacionais e na sociedade (PALMA *et al.*, 2017).

A I.4.0 pode impactar positivamente o *Triple Bottom Line* (TBL), que são os três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental) (SEURING, 2008). Segundo Mahler (2007), o TBL engloba conceitos de práticas sustentáveis realizadas pelas empresas, no âmbito de desenvolvimento econômico, responsabilidade ambiental e bem-estar social.

- Desenvolvimento econômico: promoção de lucro criação de empregos, atração de consumidores, redução de custos, antecipação e gerenciamento de risco e busca de competitividade ao longo do prazo;
- Responsabilidade ambiental: conservação de energia e recursos, consumo de energia renovável e menos poluente, reciclagem, minimização de embalagens e redução de emissão de carbono;
- Bem-estar social: criação de normas e condições de trabalho, melhoria da comunidade e desenvolvimento de responsabilidade social nos produtos e serviços

Além disso, a implicação da Indústria 4.0 e das tecnologias digitais para a economia circular tem recebido atenção considerável (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Nos últimos anos, a produção sustentável esteve fortemente ligada a estes princípios que assumiram um papel norteador para a formulação de políticas sustentáveis. Segundo Geng e Doberstein (2008), esse conceito reúne diferentes estratégias e abordagens que visam:

- aumento da eficiência econômica;
- agregar valor aos negócios maximizando energia, materiais e outros recursos;
- redução do impacto ambiental das atividades antrópicas (em termos de exploração de recursos e emissão de poluentes).

A indústria brasileira está transitando entre a segunda e terceira Revolução Industrial. O setor mais adiantado em relação à I.4.0, segundo Firjan (2016), é o automotivo, cujos profissionais estão em constante atualização para atender o mercado, visto que há uma enorme competitividade no setor.

Na indústria automotiva, as principais barreiras para reutilização, reciclagem e desempenho de recuperação são econômicas e técnicas. No entanto, essa indústria provou a sua capacidade de fornecer inúmeras soluções para resolver os problemas relacionados com a economia circular (CATANĂ, 2022).

A economia circular (EC) tem sido amplamente reconhecida como um modelo promissor para dissociar o crescimento econômico da extração de recursos e destruição ambiental (Franzo *et al.*, 2021).

De Jesus (2019, p. 1) ainda afirma que:

ao longo dos próximos 20 anos, o desenvolvimento da Economia Circular é mais do que a resolução de quebra-cabeças tecnológicos e econômicos; dependerá da capacidade de superar criativamente as compensações políticas reais e os desafios sociais mais amplos que precisam incluir em suas ações mais considerações sociais e comportamentais.

2.3 Inovação sustentável no setor automobilístico

A sustentabilidade é uma tendência dominante no século XXI, que engloba praticamente todos os setores da economia mundial, inclusive a indústria automotiva. Como resultado dessa tendência, as empresas automotivas estão ajustando suas estratégias e operações para contribuir com o alcance da sustentabilidade a nível global e manter-se competitiva no mercado. Nesse setor estão sendo criados modelos novos de negócios que usam materiais novos, renováveis e processos de produção inovadores. Ao voltar-se para a sustentabilidade, a indústria automotiva está vivendo, talvez, a maior transição de sua história (LUKIN *et al.*, 2022).

A literatura sobre as inovações sustentáveis concentra-se, principalmente, no quesito de regulamentação, como estímulo para inovações tecnológicas, mas não dão muita atenção ao processo, as suas características e determinantes nos níveis industriais. A regulamentação nacional e global está exigindo que os fabricantes de automóveis atendam uma agenda sociopolítica nos tópicos relacionados ao consumo de energia, emissões de gases de efeito estufa, segurança e outras externalidades negativas da indústria automotiva, como congestionamentos nas grandes cidades (OLTRA E SAINT JEAN, 2009).

Giampieri *et al.* (2020, pg. 1) afirma que:

A indústria automotiva está enfrentando desafios contínuos para melhorar a sustentabilidade de seus processos de fabricação e emissões de veículos devido a preocupações econômicas, ambientais, de comercialização e políticas.

Esse desafio ocorre pela demanda impulsionada da agenda sociopolítica que deseja menos dependência do petróleo, preocupação com mudanças climáticas e poluição.

As tendências atuais, como veículos eficientes, ecologicamente corretos, inteligentes e conectados que afetam a indústria automotiva, também terão um grande impacto nas habilidades da força de trabalho empregada na indústria em todos os níveis. A forma como o treinamento é conduzido na indústria mudará e as funções e atividades mais antigas desaparecerão. Novas competências e capacidades precisarão ser desenvolvidas para acompanhar as tendências evolutivas para garantir a sobrevivência tecnológica dos players do mercado automotivo (ALBULESCU *et al.*, 2015).

Segundo Koster (2018), o carro do futuro será um veículo elétrico, autônomo, compartilhado, conectado e atualizado anualmente. A eletricidade usada para carregar os veículos deve vir de fontes renováveis para garantir uma mobilidade neutra em termos de emissões de dióxido de carbono. O rápido progresso alcançado em áreas como inteligência artificial, *machine learning* e redes neurais profundas permite o desenvolvimento de veículos autônomos, o que antes era impensável. Para estender o ciclo de vida de cada modelo de carro, que normalmente dura de cinco a oito anos, as atualizações dos carros serão realizadas anualmente para incorporar as últimas inovações dos fabricantes de automóveis na área de *hardware* e *software*. Dessa forma, os usuários terão um veículo mais avançado sem precisar comprar uma nova geração de um determinado tipo de carro.

A indústria automobilística apresenta grandes desafios em relação ao fornecimento de matérias primas, visto que os automóveis são um dos produtos mais complexos que utilizam uma grande variedade de materiais. A forma como a empresa desse setor otimiza o uso eficiente e responsável dos recursos são: requisitos de segurança, ecologia e conforto, limitações físicas, químicas e econômicas (LUKIN *et al.*, 2022).

A economia circular está emergindo como um novo paradigma de sustentabilidade. O conceito de economia circular abrange as questões de geração de

resíduos, escassez de recursos e vantagens econômicas (BURUZS, 2018). Segundo De Jesus (2019), a economia circular é tanto um conceito holístico quanto uma ferramenta operacional.

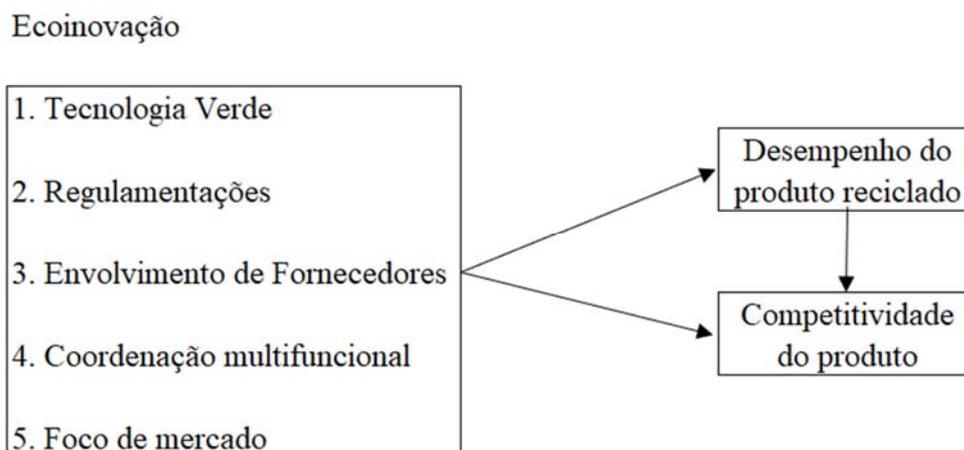
Da mesma forma, a ecoinovação está sendo reconhecida como um dos mecanismos mais importantes que permitem a transição de uma economia linear para uma economia circular nos processos produtivos, pois existe uma forte relação entre a ecoinovação (ecoinovação de produtos, processos e gestão) e atividades de economia circular. A ecoinovação de produtos, processos e gestão tem um impacto positivo significativo na economia circular das empresas do setor automotivo e de autopeças (MALDONADO-GUZMÁN *et al.*, 2021).

A ecoinovação é entendida como uma ferramenta sistêmica de solução de problemas que permite uma transformação holística do atual estado insustentável de negócios e manufatura para um estado verde (UNGUREANU *et al.*, 2021). E impulsionada por políticas multidimensionais, será a chave para desbloquear uma transição profunda (DE JESUS, 2019).

A ecoinovação é a solução para resíduos sólidos insustentáveis e produtos reciclados úteis gerados pelas indústrias (ZHOU *et al.*, 2021). Ela facilita o desenvolvimento de empresas automotivas e a competitividade de novos produtos de forma a gerar valor a partir da reciclagem, reutilização e remanufatura de recursos automotivos (YUDI *et al.*, 2021).

A Figura 1 apresenta a estrutura do efeito da ecoinovação na competitividade e no desempenho de novos produtos proposta por Yudi *et al.*, (2021).

Figura 1 - Estrutura dos efeitos da ecoinovação



Fonte: Adaptado de YUDI (2021)

3. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção estão organizados os procedimentos metodológicos que dão suporte ao presente estudo, passando pelo cenário, classificação e as etapas da pesquisa.

3.1 Cenário de Pesquisa

A Indústria 4.0 e suas tecnologias ainda têm um impacto desconhecido sobre o uso de práticas de produção mais limpa (P+L) para promover a sustentabilidade na indústria e esse pode ser um caminho a ser explorado para a proposição de inovações sustentáveis, atuando no aumento do ciclo de vida dos materiais, na redução dos insumos consumidos, de resíduos gerados e emissões de gases na atmosfera (SILVA, 2021).

Este trabalho foi realizado em uma empresa montadora de veículos do setor automobilístico da região metropolitana de Porto Alegre, que possui 1849 funcionários, sendo eles 424 do setor de funilaria, contando todos os turnos de trabalho. A produção dessa fábrica gira em torno de 1,1 mil automóveis por dia e, devido ao volume de produção, é necessário preocupar-se com as questões ambientais que são resultados desse processo, visando estar alinhado com os valores da empresa, como zero emissões de carbono.

Dentro dessa montadora, a área foco de estudo foi a funilaria, onde ocorre o início da estruturação dos veículos da fábrica e gera alguns dos resíduos que serão estudados e analisados posteriormente. Esses resíduos são subprodutos resultantes do processo de fabricação do veículo, podendo ser sucatas metálicas, massa adesivas utilizadas nos robôs, rebarbas do processo de soldagem, dentre outros.

3.2 Classificação da Pesquisa

A pesquisa está classificada em relação a estes quatro aspectos: (I) Natureza; (II) Objetivos; (III) Abordagem e (IV) procedimentos. A natureza da pesquisa é aplicada, pois essa é dedicada à geração de conhecimento para a solução de problemas práticos específicos usando dados e estudos científicos (GIL, 2002), sendo esse o estudo de inovações sustentáveis na área de funilaria de uma empresa do setor automotivo com o intuito de reduzir a geração de resíduos. O objetivo é exploratório visto que o conteúdo da pesquisa estuda um elemento novo no cenário (GIL, 2002) e há poucos estudos sobre este caso em específico de funilaria, abordando vários aspectos de inovações e sustentabilidade no setor, que foram abordados, parcialmente, em outros trabalhos. No que tange à abordagem, essa é uma pesquisa quantitativa (GIL, 2002), onde foram levantados dados dos resíduos da produção e realizadas as análises estatísticas de dados por meio de ferramentas computacionais, para compreender o cenário e propor melhorias que atuem nos indicadores insatisfatórios. Por fim, os procedimentos metodológicos enquadram-se em uma pesquisa-ação devido ao fato de o pesquisador estar inserido dentro da empresa e envolvido com os profissionais da área, contribuindo para o desenvolvimento ou implementação do estudo das inovações sustentáveis no setor de funilaria (GIL, 2002)

3.3 Método de Trabalho

O método será dividido nas seguintes etapas:

(a) Identificação e quantificação de resíduos gerados:

Nesta etapa será realizado o levantamento dos resíduos gerados de um período de um ano no setor de funilaria, com o intuito de identificá-los e quantificá-los por meio de dados extraídos de planilhas dos controles da fábrica. Como resultado, espera-se

mapear os estes resíduos gerados no setor para a embasar a discussão e agregar valor para a próxima etapa.

(b) Reunião para a identificação de oportunidades

A partir dos dados levantados na etapa I, foram realizadas algumas reuniões de 1h e conforme necessidade, mais encontros foram realizados -, com um grupo focal, composto pela autora, engenheiros do setor, gerentes e responsáveis ambientais para que seja realizado um conjunto de identificação de oportunidades através de *brainstorming* que resultou em uma lista de inovações sustentáveis.

(c) Verificação de viabilidade de inovação

Com os resultados da etapa II, foi possível elencar e verificar a viabilidade das inovações propostas anteriormente. Nessa etapa foi utilizada como ferramenta de apoio o modelo de Decisão Estratégica de Inovação em produto (DEIN). Danilevicz e Ribeiro (2013, p. 7), afirmam que:

O modelo foi gerado com o intuito de fornecer maior objetividade às atividades de análise de portfólio, induzindo e subsidiando as decisões referentes à inovação em produtos. O modelo contribui na definição de quais produtos serão mantidos, quais serão aposentados e quais devem receber inovações radicais ou incrementais.

Os critérios do DEIN para elencar as inovações sustentáveis prioritárias foram: estratégia, lucratividade, implantação e tempo - e como resultado essas inovações foram analisadas pela empresa e foram analisadas no decorrer do trabalho.

Na avaliação das ideias das quatro dimensões da ferramenta DEIN, foram atribuídas as notas em escala Likert de 9 pontos, esta escala é estabelecida na ferramenta pois a escala ímpar justifica-se à medida que pode ser estabelecido um ponto médio, onde o extremo da escala (9) está associado a uma situação favorável e o extremo oposto (1) está desfavorável em relação ao item analisado.

Após atribuir as notas para cada ideia em todas as dimensões, encontra-se o resultado do cálculo do índice de exequibilidade da ideia (IE_j ideia), que significa o quão exequível é a ideia proposta, o IE_j ideia em função dos valores atribuídos na escala 1 a 9 indica que se todas as notas forem avaliadas no centro da escala (nota 5), este será

1, no entanto o IEj ideia menor de que 1 a ideia é inexequível e o mais próximo de 10 é exequível.

A figura 2 abaixo representa a ferramenta DEIN com os campos de notas em branco para preenchimento conforme as ideias levantadas.

Figura 2 – Ferramenta DEIN

Matriz de avaliação da exequibilidade das ideias	Banco de ideias			
	ideia 1	ideia 2	ideia 3	ideia 4
Dimensões e Critérios - Exequibilidade Ideias				
Estratégia				
Impacto das inovações no restante do portfólio				
Contribuição das inovações no atingimento das estratégias				
Grau de risco de desenvolvimento da nova ideia				
Impacto social e ambiental				
Lucratividade				
Previsão de vendas e faturamento				
Implantação				
Análise de patente (existência/custo)				
Existência de tecnologia para desenvolver a ideia				
Existência de competência para desenvolver a ideia				
Investimento potencial do desenvolvimento				
Tempo				
Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto				
Tempo até a aceitação da inovação no mercado				
Tempo de replicação da inovação pela concorrência				
Índice de Exequibilidade Ideia (IEj_{Ideia})	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Adaptado de Danilevicz e Ribeiro (2013)

(d) Planejamento de ações de inovação sustentável

Esta é a última etapa do trabalho que tem como embasamento as etapas anteriores que auxiliaram nesta última discussão. Após o levantamento das inovações prioritárias, foi realizado um 5W1H, ferramenta da qualidade para direcionar a discussão em um foco, evitando as dispersões de ideias através de perguntas chaves: *What* (o que será realizado), *Why* (Porque será realizado), *Where* (onde será realizado), *When* (quando será realizado), *Who* (por quem será realizado), *How* (como será realizado), resultando no plano de ação para a adoção de inovação sustentável na área de funilaria do setor automotivo. O *How much* (quanto custará), não foi incluído no 5W2H tradicional, pois neste estudo não foi foco a quantificação financeira de investimentos associados as propostas de inovações.

4. Resultados

Nesta seção é demonstrado os resultados obtidos através da execução das etapas descritas no procedimento metodológico. A seção abrange o levantamento de dados da empresa em relação aos resíduos gerados, a aplicação da ferramenta DEIN para apoio à tomada de decisão de inovações sustentáveis propostas e *insights* de ideias para a empresa de estudo.

4.1 Levantamento de dados

Para a obtenção de dados de resíduos gerados pelo setor de estudo, primeiramente foram realizadas visitas à ‘Ecoilha’, setor responsável pela coleta e destinação correta de todos os resíduos gerados pela fábrica. Nestas visitas, foram apresentados os processos que o setor realiza, as planilhas utilizadas para controles e parcerias que a empresa tem para o fluxo de destinação de resíduos.

O controle de resíduos gerados é por meio de planilhas em Excel e estes estão armazenados em drives de armazenamento, a planilha que foi utilizada para quantificar os resíduos do setor possui a seguinte aparência, representada na Figura 3.

Figura 3 – Planilha de controles de resíduos

Responsável	Setor	Material	Quantidade	Turno
Pessoa A	Funilaria	Cola adesiva	1	1
Pessoa B	Pintura	Material x	2	2
Pessoa C	Funilaria	Cola adesiva	4	1
Pessoa A	GA	Material y	1	1

Fonte: Elaborada pelo autor

Os campos da planilha da Figura 3 são para identificação do solicitante da coleta do resíduo, setor, material, quantidade e turno. Atualmente não ocorre uma identificação separada por setor, porém poderia ser realizada, visto que tem como identificar por meio da planilha o quanto está sendo coletado. No setor de funilaria dentre os resíduos coletados, destaca-se o volume de cola adesiva, este volume torna-se expressivo pois

este é utilizado na principal atividade da funilaria. O adesivo estrutural serve para unir reforços altamente projetados pela engenharia em seções específicas da carroceria do carro.

Na Figura 4 mostra-se os tambores de cola adesivas aplicados pelos robôs da funilaria, estas colas são resíduos de classe I (perigosos). Portanto, desta maneira, nesta classificação os resíduos apresentam em suas composições características consideradas perigosas, essas características podem ser inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade, o que dificulta na hora do descarte correto.

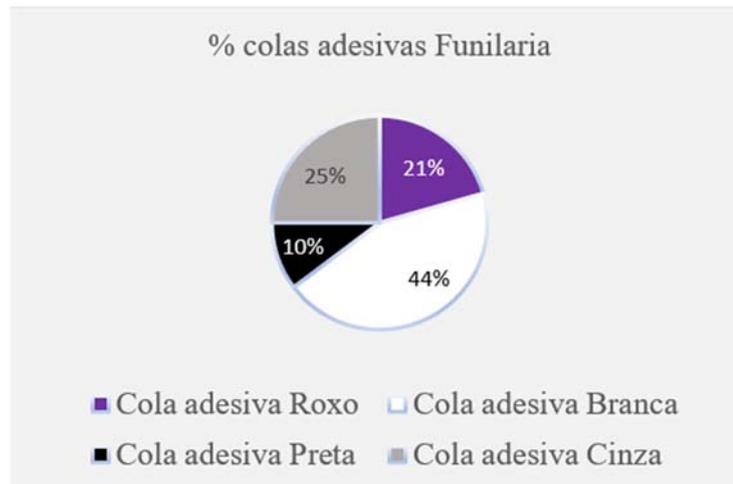
Figura 4 - Tambores de cola adesiva



Fonte: Elaborada pelo autor

Na funilaria são utilizados quatro tipos de colas diferentes, estas são separadas conforme a sua utilidade pelo robô e possuem cores diferentes, as colas do tipo roxo (estrutural), branco (antivibração), preto (bainha) e cinza (seladora). Na Figura 5 temos a representação de quanto cada um deste tipo está presente no setor, apesar de possuir quatro tipos de colas, para o estudo foi considerado como um material só como orientado pelo setor da Ecoilha.

Figura 5 - Tambores de cola adesiva



Fonte: Elaborada pelo autor

Além dos resíduos de colas há também os resíduos metálicos provenientes de algum ‘erro’ de processo como colisão do robô com a peça metálica que iria ser utilizada, excesso de solda ou qualquer erro que impeça de ser retrabalhada e concertada para o cliente final, estas peças metálicas são denominadas como *scrap*, podendo ser utilizada em outro setor, processo, ou descartadas, sendo vendidas para empresas parceiras que compram metais.

Outros resíduos provenientes da funilaria que a Ecoilha comentou que impactavam no levantamento de controles são os equipamentos de proteção individual (EPIs), estes costumam ser coletados e separados conforme as condições estregues, os que estão em boas condições são enviados para lavagem, em uma empresa parceira, e retornam para uso, enquanto os que não estão em condições de uso precisam ser separados para o descarte correto.

Há também os resíduos gerados em relação à coleta seletiva de cada setor da fábrica, como papel, plástico, resíduos orgânicos e outros resíduos não perigosos. Entretanto, estes não serão foco de estudo neste artigo, concentrando-se nos principais resíduos do setor da funilaria, sendo estas as colas adesivas utilizadas, os metais de *scrap* gerados pelo processo e os EPIs contaminados.

4.2 Reuniões para identificação de oportunidades

Para entender a necessidade da planta e atender as metas de sustentabilidade exigidos, foram realizadas reuniões com gestores e engenheiros de diversas áreas que atuam dentro da funilaria e na Ecoilha. Estas reuniões ocorreram durante o primeiro semestre de 2023 com o intuito de realizar o levantamento de problemas, oportunidades de atuação, projetos existentes e potenciais ideias de sugestões de inovações.

Os dados de resíduos foram apresentados e discutidos com os gestores que agregaram com a sua experiência de fábrica e conhecimento histórico das iniciativas implementadas anteriormente. Por fim, foi apresentado a ferramenta de apoio à tomada de decisão para que todos estivessem cientes de como ocorreria o afinamento da escolha de ideias ao final do estudo. Essas ideias foram selecionadas de acordo com as expectativas e alinhadas com as dores apresentadas pela gerência, trazendo foco de sustentabilidade a projetos existentes e analisando a viabilidade econômica em possíveis implementações.

As ideias selecionadas foram denominadas como maximização de cola, EPI alta duração, redução de sucatas e digitalização FTP, abaixo segue a descrição de cada uma delas:

1. Maximização de cola: Esta proposta visa enfrentar a questão do desperdício das colas adesivas utilizadas nos tambores da fábrica, buscando maximizar a sua eficiência por meio de soluções alternativas que permitam a reutilização desses adesivos no processo produtivo e minimizando os impactos ambientais por estes gerados. Esta ideia consiste em mitigar o desperdício, minimizar a produção de resíduos e reduzir os custos de fabricação. Além disso, busca-se estabelecer um ciclo de uso contínuo, alinhado com os princípios da economia circular, promovendo, assim, a sustentabilidade e a consciência ambiental a longo prazo no setor industrial. A implementação bem-sucedida dessa ideia requer um compromisso contínuo com a pesquisa, desenvolvimento, treinamento e conscientização para garantir que os benefícios da reutilização e uso eficiente das colas adesivas sejam alcançados de maneira eficaz
2. EPI alta duração: Esta proposta tem como objetivo estender o ciclo de vida útil do EPI e aprimorar o gerenciamento dos EPIs solicitados pelos operadores,

garantindo que estejam sempre disponíveis e em boas condições para uso, ao mesmo tempo em que minimiza os impactos ambientais e financeiros relacionados à contaminação e ao descarte prematuro. Seria realizado o controle de EPIs solicitados por um aplicativo no power apps e fornecido um treinamento para os operadores em como preencher as informações neste aplicativo, dessa forma, apenas os EPIs que realmente necessitam de limpeza ou manutenção seriam encaminhados para o processo com a empresa parceira, economizando recursos de limpeza e manutenção, otimizando os processos logísticos, reduzindo os custos operacionais e o desperdício associado ao descarte incorreto.

3. Redução de sucatas: Esta proposta concentra-se no reaproveitamento dos resíduos metálicos gerados em carros *scraps*, o objetivo central é minimizar o desperdício e promover a sustentabilidade na indústria ao transformar o que seria resíduo em recursos valiosos. A ideia seria estruturar um processo de coleta, triagem e reprocessamento das sucatas metálicas, por meio de técnicas de fusão, purificação e remodelagem para a estamparia - processo anterior a funilaria, e estas sucatas seriam transformados em materiais reutilizáveis, como componentes específicos para futuras produções. Esta iniciativa alinhada com medidas preventivas ajudaria a reduzir a ocorrência de erros e conseqüentemente a geração de resíduos metálicos no setor, aprimorando a qualidade geral do processo, contribuindo para a sustentabilidade ambiental, economia de custos e eficiência operacional.
4. Digitalização de FTPS: A quarta proposta diz respeito à incorporação de um Sistema de Processamento de Montagem (APS, do inglês '*Assembly Processing System*') que permite a padronização digital de todas as folhas de trabalho (FTP), eliminando a necessidade de uso de papel físico. Esta abordagem visa otimizar a eficiência operacional, ao mesmo tempo em que reduz o consumo de recursos e minimiza os resíduos. A utilização do Sistema APS possibilita a centralização e a padronização de informações críticas para as atividades diárias da empresa, abrangendo desde os fluxos de produção até os processos administrativos. As folhas de trabalho padronizadas seriam digitalizadas e disponibilizadas por meio da plataforma APS, permitindo que os colaboradores acessem e atualizem as informações de forma ágil e precisa. Além dos benefícios em termos de agilidade e organização oferecidos pelo Sistema APS, a eliminação das folhas de papel físicas contribui significativamente para a redução do desperdício e dos custos associados à impressão e ao armazenamento de documentos. A ideia seria

contemplada com treinamentos para garantir que todos os funcionários se familiarizem e se adaptem facilmente ao uso do sistema digital.

4.3 Modelo de decisão estratégica de inovação em produtos

Nesta etapa foi utilizado a ferramenta de apoio a tomadas de decisões chamada Decisão Estratégica de Inovação em produto (DEIN), essa ferramenta serve para auxiliar na escolha de ideias referentes à inovação de maneira mais precisa, avaliando sua viabilidade através de um sistema de pontuação que considera uma série de critérios definidos pela própria ferramenta de análise.

Através de reuniões com gestores foi realizado um *brainstorming* de ideias e em seguida foram selecionadas quatro ideias de inovação que poderiam ser executadas para inserir no DEIN e avaliar o índice de exequibilidade da ideia, estas ideias estão representadas na Figura 6 abaixo na ferramenta, com atribuições de notas em todas as suas dimensões.

Figura 6 - Notas das ideias na ferramenta DEIN

Matriz de avaliação da exequibilidade das ideias	Banco de ideias			
	Maximização Cola	EPI alta duração	Redução de sucatas	Digitalização de FTPs
Dimensões e Critérios - Exequibilidade Ideias				
Estratégia				
Impacto das inovações no restante do portfólio	7	5	9	5
Contribuição das inovações no atingimento das estratégias	7	5	9	5
Grau de risco de desenvolvimento da nova ideia	7	9	6	9
Impacto social e ambiental	9	7	7	7
Lucratividade				
Previsão de vendas e faturamento	7	3	7	3
Implantação				
Análise de patente (existência/custo)	7	5	5	3
Existência de tecnologia para desenvolver a ideia	7	9	5	9
Existência de competência para desenvolver a ideia	7	9	7	9
Investimento potencial do desenvolvimento	7	7	5	9
Tempo				
Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto	7	9	5	9
Tempo até a aceitação da inovação no mercado	9	9	7	9
Tempo de replicação da inovação pela concorrência	7	3	7	3
Índice de Exequibilidade Ideia (IEj_{Ideia})	4,51	1,64	3,02	1,64

Fonte: Elaborada pelo autor

No item impacto das inovações no restante do portfólio quanto mais próximo ou igual a nota 9 significa o quanto a ideia é positiva a este item abordado. Neste item apenas a ideia de redução de sucatas atinge a nota máxima de impacto pois reflete o reconhecimento que essa abordagem proposta possui de potencial para gerar impacto significativo na eficiência operacional, apresentando uma solução inovadora para um desafio comum na indústria, destacando a capacidade de mudança nos processos industriais e no paradigma da gestão de resíduos. A ideia de redução de sucatas também possui nota máxima em contribuição das inovações no atingimento das estratégias, pois a implementação desta ideia busca minimizar os defeitos de produção e os que ocorrem seriam reaproveitados, gerando melhor qualidade e diminuição de custos.

No que tange o grau de risco de desenvolvimento da nova ideia a nota 9 significa mais baixo risco, neste item as ideias de EPI de alta duração e digitalização de FTPs possuem nota máxima pois não apresentam riscos em serem implementadas. Em impacto social e ambiental, a ideia de maximização de colas possui a maior nota pois demonstra maior compromisso com a responsabilidade social e ambiental ao criar um ciclo de uso contínuo para estes materiais, além de servir como exemplo para outras áreas, promovendo a conscientização sobre a importância da gestão sustentável de recursos e resíduos.

Passando para o critério de lucratividade o único item abordado pela ferramenta é em relação a previsão de vendas e faturamento, sendo a nota 9 considerada previsão alta em relação ao faturamento total atual da empresa. Neste item as ideias de maximização de colas e redução de sucatas possuem maiores notas em relação às ideias de EPI de alta duração e digitalização de FTPs, pois estas têm influência em materiais menos utilizados do que as colas e sucatas metálicas. A nota 7 atribuída nestas duas ideias apresenta o potencial de lucratividade ao otimizar o uso de recursos e reduzir desperdícios, porém não foi dada nota máxima devido à dificuldade e investimentos necessários para estas ideias, impactando na lucratividade a curto prazo. No entanto, ao longo do tempo, os benefícios financeiros devem crescer à medida que os custos de produção são reduzidos e a eficiência operacional é aprimorada.

No critério de implantação tem quatro itens a serem analisados: análise da patente/custo, existência de tecnologia para desenvolver a ideia, existência da competência para desenvolver a ideia e investimento potencial do desenvolvimento. No

primeiro item duas ideias ficam como ponto intermediário de existência de patente, isto porque as ideias apresentadas podem estar presentes em outros setores industriais até mesmo em plantas de outras cidades da mesma empresa, porém não estão totalmente difundidas na empresa de aplicação do estudo.

Os itens de desenvolvimento estão atrelados com a tecnologia e a competência para executar estas ideias, por isso as ideias apresentadas possuem notas parecidas nos dois quesitos. A ideia de EPI de alta duração e digitalização de FTPs são mais fáceis de executar pois apresentam tecnologias inseridas no mercado que possibilitam a implementação e as competências técnicas podem ser encontradas na área de TI e engenheiros da planta. Na parte de investimento potencial do desenvolvimento o sistema APS já está em uso na planta, seria apenas necessário treinamentos para uso e disponibilidade de computadores e televisores nas áreas para os operadores acessarem o conteúdo.

O último critério está relacionado ao tempo, são eles de desenvolvimento do produto, aceitação da inovação no mercado e replicação da inovação pela concorrência. Para atribuição de nota 9 no tempo de ciclo de desenvolvimento do produto para as ideias de EPI de alta duração e digitalização de FTPs foram considerados que em ambas as ideias a empresa tem como implementar estas ideias em um período reduzido com foco em melhorias tangíveis em sistemas existentes. No tempo de aceitação as ideias que receberam 9, tem potencial de aceitação maior devido à baixa complexidade e investimentos necessários para realizá-las.

Após todas as dimensões com os seus respectivos critérios serem avaliados para as quatro ideias, é possível calcular o índice de exequibilidade. A ideia que apresentou maior valor foi a de maximização das colas com o valor IEj ideia de 4,51, seguido da ideia sobre redução de sucatas, EPI de alta duração e digitalização das FTPs.

Apesar de valores próximos entre as ideias de maximização de colas e redução de sucatas, a primeira ideia foi priorizada devido a menor complexidade e tempo de execução, além de fácil aceitação perante a diretoria, considerando as diretrizes do atual momento que a empresa está inserida.

4.4 Planejamento de ações de inovação sustentável

Ao fim do levantamento de ideias e análises de exequibilidade através da ferramenta DEIN, a fase final deste processo é a aplicação de um 5W1H na ideia que apresentou maior índice de exequibilidade no estudo, sendo esta, a ideia sobre maximização e extensão do ciclo de vida das colas de tambores do setor da funilaria.

O 5W1H serve para aprimorar a ideia, garantindo uma abordagem abrangente e estruturada, cada uma das perguntas do 5W1H fornece diretrizes essenciais para desenvolver a estratégia de implantação da inovação sustentável proposta para o setor de funilaria.

Ideia priorizada: Maximização de Cola

O quê (*What*): Implementação de processo de maximização inteligente e sustentável das colas adesivas dos tambores industriais.

Por quê (*Why*): Para estender a vida útil das colas adesivas dos tambores, otimizando os recursos utilizados em busca da melhoria de processos para reduzir os resíduos gerados e trazer benefícios ambientais e econômicos.

Tabela 1 – Plano de ação para maximização de colas

Como	Quem	Quando	Onde
Levantamento de dados das colas	Autora e Eng ambiental	Ag/23	Funilaria e Ecoilha
Estudo da aplicação das bombas	Autora e engenheiro da qualidade	Set/23	Funilaria
Testes de aplicação	Autora, eng mecânico e eng de qualidade	Out/23	Funilaria
Validação dos resultados	Autora, engenheiros e gerência	Nov/23	Funilaria
Apresentação de resultados	Autora e engenheiros do body shop	Dez/23	Funilaria

Fonte: Elaborada pelo autor

5. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo a inserção de inovações sustentáveis em processo automatizado (Indústria 4.0) no setor automobilístico, de maneira a reduzir a geração de resíduos e sem perda de produtividade. Para tal, foi realizado o levantamento

de dados de resíduos gerados pelo setor para entender quais impactavam mais na funilaria, visitas a Ecoilha para compreender o processo de coletas dos resíduos e apresentações à gerência. Após o levantamento dos dados foi apresentado a ferramenta DEIN que auxiliou na tomada de decisão de qual ideia seguir com base no IEj ideia de exequibilidade.

Com a ferramenta DEIN foram analisadas as quatro ideias de inovação, na qual foram atribuídas notas conformes os critérios e dimensões do estudo, para definir qual das ideias teria um plano de ação projetado, a ideia que obteve maior nota de IEj ideia foi a de maximização das colas de tambores industriais do setor de funilaria.

Este resultado de maximização das colas de tambores aponta um potencial para reduzir desperdícios, diminuir custos de produção a médio e longo prazo, fortalecer a eficiência operacional, contribuir para a preservação dos recursos naturais e estabelecer o compromisso com a responsabilidade ambiental. Além de trazer ganhos de sustentabilidade, a fábrica poderá não apenas otimizar seus processos internos, mas também melhorar a sua imagem ao promover práticas sustentáveis.

Em um cenário no qual a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental são cada vez mais valorizadas, a implementação da maximização das colas auxilia com as estratégias de desenvolvimento sustentável almejadas pela empresa alinhada com as demandas contemporâneas de produção consciente e eficiência energética. Essa abordagem reflete um comprometimento de promoção uma economia circular, no qual os recursos são utilizados de forma inteligente e responsável.

Os passos futuros para a implementação bem-sucedida dessa ideia envolvem uma análise de viabilidade econômica detalhada, a busca por parcerias com especialistas em tecnologia de colas e sustentabilidade, bem como o desenvolvimento de um plano de execução robusto. A pesquisa, desenvolvimento e testes aprofundados são essenciais para garantir que a maximização das colas adesivas ocorra de maneira eficaz e com os resultados esperados. Além disso, a conscientização e o treinamento dos colaboradores serão fundamentais para garantir a adoção bem-sucedida dessa prática.

Os benefícios resultantes desta iniciativa se estenderão além dos muros da fábrica, abrangendo a comunidade local e a sociedade em geral. A redução do desperdício, a conservação de recursos naturais e a diminuição das emissões ambientais

contribuirão para um ecossistema mais saudável e sustentável. Além disso, a reputação positiva da empresa como líder em inovação sustentável pode abrir portas para parcerias estratégicas, pesquisas futuras e colaborações que impulsionam ainda mais o progresso.

6. Referências

ALBULESCU, S.; Dascalu, O.; NICULESCU, A. Trends in the Automotive Industry. *Faima Bus. Manag. J.* 2015, 3, 30–50.

AMORIM, J.E. B. (2017). A “Indústria 4.0” e a sustentabilidade do modelo de financiamento do regime geral da segurança social. *Cadernos de Direito Actual*, Santiago de Compostela, v.5, p.243 - 254, 2017.

ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2022. São Paulo: Anfavea, 2022.

ARANTES E PEREIRA. Análise Crítica dos 10 Anos de Criação e Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil. 2021

ASSIZ, R. C. de Logística Reversa em uma indústria automobilística: estudo de campo. Florianópolis, SC, 2016. p. 87.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 25 de fev. de 2023.

BRASIL. Projeto de Lei nº 203, de 1991. Dispõe sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=15158>. Acesso em: 25 de fev de 2023.

BURUZS, A.; Torma, A. A Review on the Outlook of the Circular Economy in the Automotive Industry. *Int. J. Environ. Ecol. Eng.* 2018, 11, 576–580.

CATANĂ, Ș.-A.; Toma, S.-G.; Grădinaru, C. Circular Economy Applied to the Automotive Industry. *Ovidius Univ. Ann. Econ. Sci. Ser.* 2022, XXII, 516–520.

CILIBERTO, C., SZOPIK-DEPCZYNSKA, K., TARCZYNSKA-ŁUNIEWSKA, M., RUGGIERI, A., & IOPPOLO, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *Business Strategy and the Environment*, 1–18

COELHO, H. M. et al. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. Scielo, [s. l.], 2011

CORTESE, Tatiana Tucunduva Philippi et al. Tecnologias e sustentabilidade nas cidades. Estudos Avançados, v. 33, n. 97, p. 137-150, 2019.

DE JESUS, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S. (2019). Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1494–1513.

FIRJAN. Indústria 4.0: Panorama da Inovação. 2016. p. 10.

FRANZO, S., URBINATI, A., CHIARONI, D., & CHIESA, V. (2021). Unravelling the design process of business models from linear to circular: An empirical investigation. *Business Strategy and the Environment*, 30(6), 2758–2772.

GENG, Y., & DOBERRSTEIN, B. (2008). Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving ‘leapfrog development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 15(3), 231–239.

GIAMPIERI, A.; LING-CHIN, J.; Ma, Z.; SMALLBONE, A.; ROSKILLY, A.P. A review of the current automotive manufacturing practice from an energy perspective. *Appl. Energy* 2020, 261, 114074.

GIL, A.C. Como classificar as pesquisas. Como Elaborar Projetos de Pesquisa São Paulo: Atlas, v. 4, p. 44-45, 2002.

JUNIOR, A. F. Contribuição da metodologia Lean Manufacturing na estratégia de sustentabilidade das empresas: Estudo de caso em indústrias de processamento de borrachas do setor automotivo no estado de São Paulo. São Bernardo do Campo, 2020.

KOSTER, A.; KUHNERT, F.; STURMER, C. Five trends transforming the Automotive Industry, PwC 2018, 1

LUKIN, E.; KRAJNOVIC, A.; BOSNA, J. Sustainability Strategies and Achieving SDGs: A Comparative Analysis of Leading Companies in the Automotive Industry. *Sustainability* 2022, 14, 4000.

MAHLER, D., 2007. The Sustainable Supply Chain. *Supply Chain Management Review*. November 2007, 59-60.

MALDONADO-GUZMAN, G., GARZA-REYES, J.A. and PINZÓN-CASTRO, Y. (2021), "Eco-innovation and the circular economy in the automotive industry", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28 No. 2, pp. 621-635.

NASCIMENTO, D. L. M., ALENCASTRO, V., QUELHAS, O. L. G., CAIADO, R. G. G., GARZA-REYES, J. A., ROCHA-LONA, L., & TORTORELLA, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627

OLTRA, V.; SAINT JEAN, M. Sectoral systems of environmental innovation: An application to the French automotive industry. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2009, 76, 567–583.

PALMA, J.M.B.; BUENO, U.S.; STOROLLI, W.G.; SCHIAVUZZO, P.L.; CESAR, F.I.G.; MAKIYA, I. K. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. 6 th International Workshop - Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brazil - May 24th to 26th, 2017.

SANTOS, D. C; LUZ, G. M. OS IMPACTOS DO COVID-19 NA LOGÍSTICA INTERNACIONAL DAS INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICAS. 2021

SEADON, J. K. (2010). Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production*, 18 (16), 1639-1651.

SEURING, S., MULLER, M., 2008. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*. 16, 1699-1710

SIMIÃO, J. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa. São Carlos. 2011

TORRESI, S. I., PARDINI, V. L., & FERREIRA, V. F. (2010). O que é sustentabilidade? *Química nova*, 33 (1), 1 - 1.

UNGUREANU, P., COCHIS, C., BERTOLOTTI, F., MATTARELLI, E. & SCAPOLAN, A.C. (2021) Multiplex boundary work in innovation projects: The role of collaborative spaces for cross-functional and open innovation. *European Journal of Innovation Management*, 24(3), pp. 984–1010

VALERIO, D.; SILVA, T. C.; COHEN, C. (2008). Redução da geração de resíduos sólidos: uma abordagem econômica. In: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia; Salvador. Anais. ANPEC, Niterói.

VANELLE R. M., & SANTOS, L. B. Análise das práticas de sustentabilidade utilizadas na gestão da cadeia de suprimentos: pesquisa de campo no setor automotivo brasileiro. Scielo, 2014.

VELLOSO, M.P. (2008) Os restos na história: percepções sobre resíduos. *Ciência & Saúde Coletiva* v. 13, n. 6, p. 1953-1964.

WILSON, D.C. (2007) Development drivers for waste management. *Waste Management & Research* , v. 25, n. 3, p. 198-207.

YUDI, F., MING-LANG, T., ROBERT S., AHMED, Z. A., MUHAMMAD, S. S., RAJAN, J., Eco-innovation impacts on recycled product performance and competitiveness: Malaysian automotive industry, *Sustainable Production and Consumption*, Volume 28, 2021, Pages 1677-1686.

ZHOU, J.-G., Li, L.L., TSENG, M.L., AHMED, A. & Shang, Z.X.. (2021) A novel green design method using electrical products reliability assessment to improve resource utilization, J. Ind. Prod. Eng., 10.1080/21681015.2021.1947402