

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ESCOLA POLITÉCNICA
PROJETO DE PRODUTO
ENGENHARIA MECÂNICA**

**CRISTIANO AGLICERIO PEREIRA
ELVIS LUIS CORREA RONCELLI
FABIO IVO PEREIRA DE OLIVEIRA JUNIOR
GUSTAVO BUENO
JORGE FILIPE MORAES PRASS**

**RECICLAGEM DE PLÁSTICO COM MÁQUINA DE COMPRESSÃO:
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

**Itajaí
2024**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1 Problematização.....	4
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	5
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.3 Justificativa.....	6
2. METODOLOGIA	8
2.1 Pesquisa Informacional.....	9
2.1.1 <i>Necessidades de Usuário</i>	9
2.1.2 <i>Requisitos de Usuário</i>	9
2.1.3 <i>Requisitos de Projeto</i>	10
2.1.4 <i>Especificações de Projeto</i>	11
2.1.5 <i>Normas Técnicas</i>	13
2.1.6 <i>Patentes</i>	14
2.2 Cronograma.....	14
3.REFERÊNCIAS	16

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, marcado por rápidas transformações tecnológicas e crescente conscientização ambiental, a problemática dos resíduos plásticos ganha contornos cada vez mais complexos e urgentes. A produção e o consumo massivos de plástico têm levado a consequências ambientais severas, afetando ecossistemas, biodiversidade e saúde humana. Essa situação é exacerbada pela ineficiência dos sistemas de reciclagem e gestão de resíduos existentes, que lutam para lidar com a magnitude do problema. A acumulação de plástico nos oceanos, solos e até na cadeia alimentar revela a necessidade premente de repensar as práticas de produção, consumo e descarte desse material.

O plástico, devido à sua durabilidade e baixo custo, tornou-se onipresente em quase todos os aspectos da vida moderna, desde embalagens até componentes de alta tecnologia. Embora essa ubiquidade tenha trazido conveniências inegáveis, também gerou um dos desafios ambientais mais formidáveis da atualidade: como gerenciar e mitigar o impacto ambiental dos resíduos plásticos? Este desafio é amplificado pela diversidade de tipos de plástico, que variam em composição, cor, densidade e capacidade de reciclagem, tornando a gestão de resíduos um processo complexo e custoso.

Além disso, a questão dos resíduos plásticos não é apenas uma crise ambiental, mas também um problema social e econômico. A gestão ineficaz dos resíduos plásticos afeta comunidades vulneráveis ao redor do mundo, muitas vezes aquelas menos responsáveis pela produção de resíduos. A poluição plástica também tem implicações econômicas significativas, afetando o turismo, a pesca e outros setores econômicos dependentes de ecossistemas marinhos e terrestres saudáveis.

Neste contexto, a busca por soluções inovadoras e sustentáveis se torna imperativa. A tecnologia, que muitas vezes contribuiu para o aumento da produção de plástico, agora tem o potencial de oferecer soluções para mitigar seus impactos. A inovação pode vir de diversas frentes, desde o desenvolvimento de materiais biodegradáveis e alternativas ao plástico até a melhoria dos processos de reciclagem e sistemas de gestão de resíduos.

Diante da complexidade e urgência do problema dos resíduos plásticos, este trabalho visa explorar o papel da inovação tecnológica na transformação dos sistemas de gestão de resíduos. Através de uma análise detalhada dos desafios atuais e dos potenciais de soluções

tecnológicas, buscamos compreender como a inovação pode contribuir para uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável. Neste contexto, propomos a investigação de uma solução específica: uma máquina de compressão de plástico, que promete não apenas reduzir o volume de resíduos plásticos, mas também transformá-los em produtos úteis, contribuindo assim para a economia circular e a sustentabilidade ambiental. Este dispositivo, ao final do estudo, será detalhado em termos de sua funcionalidade, viabilidade e potencial impacto na revolução da gestão de resíduos plásticos.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A gestão de resíduos plásticos representa um dos desafios ambientais mais significativos do século XXI. A produção e descarte massivos de plásticos, combinados com uma reciclagem ineficaz, resultam em danos severos aos ecossistemas terrestres e marinhos, afetando a biodiversidade e a saúde humana. A complexidade do problema reside na heterogeneidade dos materiais plásticos, que dificulta sua reciclagem e reutilização efetivas. Além disso, os sistemas de gestão de resíduos existentes muitas vezes falham em incorporar processos que poderiam transformar esses resíduos em recursos valiosos, perpetuando o ciclo de produção e descarte insustentável.

Neste contexto, a máquina de compressão de plástico, desenvolvida pela iniciativa *Precious Plastic*, surge como uma inovação promissora, com o potencial de mitigar parte desses desafios. A problematização central deste trabalho gira em torno da capacidade dessa tecnologia de transformar resíduos plásticos em produtos úteis, contribuindo para a economia circular e reduzindo o impacto ambiental associado ao descarte de plásticos. Contudo, a implementação e eficácia dessa solução tecnológica enfrentam diversos obstáculos, desde questões técnicas relacionadas ao design e operação da máquina até desafios econômicos e sociais que influenciam sua adoção em larga escala.

A máquina de compressão de plástico propõe uma solução para compactar e moldar resíduos plásticos em novos produtos. No entanto, a eficácia dessa transformação depende de múltiplos fatores, como a qualidade e tipo dos plásticos inseridos, as configurações de temperatura e pressão, e o design dos moldes utilizados. A variabilidade desses fatores introduz complexidade no processo, potencialmente limitando a aplicabilidade da máquina a certos tipos de plástico ou formas de produto.

Além dos desafios técnicos, a adoção da máquina de compressão enfrenta barreiras econômicas e sociais. O custo inicial de aquisição e manutenção pode ser proibitivo para pequenas organizações ou comunidades com recursos limitados. Adicionalmente, a falta de conscientização e educação sobre gestão sustentável de resíduos pode limitar a participação comunitária e a coleta de materiais adequados para reciclagem.

Apesar desses desafios, o potencial de impacto da máquina de compressão de plástico é significativo. Ao transformar resíduos plásticos em produtos úteis, essa tecnologia não apenas contribui para a redução do volume de plástico descartado no ambiente, mas também promove a valorização de resíduos como recursos, alinhando-se aos princípios da economia circular. A investigação detalhada dessa solução tecnológica, considerando seus desafios e potenciais, é essencial para compreender sua viabilidade e eficácia como ferramenta na revolução da gestão de resíduos plásticos.

A problemática central deste trabalho, portanto, reside na questão de como a máquina de compressão de plástico pode superar os desafios técnicos, econômicos e sociais para se estabelecer como uma solução eficaz e sustentável na gestão de resíduos plásticos. A análise detalhada dessa tecnologia e seu contexto de aplicação é crucial para avaliar sua capacidade de contribuir para a mitigação do problema global dos resíduos plásticos, oferecendo um caminho inovador rumo à sustentabilidade ambiental.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma solução eficaz para a reciclagem de plástico, visando a sustentabilidade ambiental.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Levantar requisitos de projeto para a caracterização e manejo de plásticos;
- b) Especificar os componentes necessários para a otimização dos processos de reciclagem;
- c) Desenvolver o projeto conceitual de inovação e sustentabilidade em materiais alternativos;

- d) Avaliar a viabilidade da avaliação de impacto e eficiência das práticas de reciclagem adotadas.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela crescente necessidade de enfrentar a crise ambiental gerada pelo acúmulo de resíduos plásticos, que representa um dos maiores desafios contemporâneos para a sustentabilidade global. A produção e descarte massivos de plásticos, aliados a sistemas de reciclagem ineficientes, têm conduzido a consequências devastadoras para os ecossistemas terrestres e marinhos, afetando diretamente a biodiversidade e a saúde humana. Diante deste cenário, a inovação tecnológica surge como uma ferramenta vital para transformar a gestão de resíduos plásticos, tornando-a mais eficiente e sustentável.

A relevância deste estudo também se fundamenta na necessidade de superar as limitações técnicas, econômicas e sociais que têm dificultado a implementação de soluções eficazes no manejo de resíduos plásticos. A máquina de compressão de plástico, objeto central deste trabalho, exemplifica uma inovação promissora capaz de converter resíduos plásticos em produtos úteis, contribuindo assim para a economia circular e reduzindo o impacto ambiental do descarte de plásticos. No entanto, a eficácia dessa tecnologia depende de uma compreensão aprofundada de seus desafios operacionais e de sua capacidade de adaptação às variadas realidades socioeconômicas.

Além disso, a justificativa deste trabalho se ancora na urgência de promover a conscientização e a educação sobre práticas sustentáveis de gestão de resíduos, visando incentivar a participação comunitária e a adesão a iniciativas de reciclagem. Ao detalhar a funcionalidade, viabilidade e potencial impacto da máquina de compressão de plástico, este estudo contribui não apenas para o avanço científico e tecnológico na área de gestão de resíduos, mas também para a mobilização social em torno da importância da reciclagem e da sustentabilidade ambiental.

Portanto, este trabalho é de suma importância para o desenvolvimento de estratégias inovadoras que possam efetivamente mitigar o problema dos resíduos plásticos. Ao explorar o potencial da máquina de compressão de plástico, busca-se oferecer uma solução concreta que alie eficiência tecnológica a benefícios ambientais e sociais, pavimentando o caminho para uma gestão de resíduos mais sustentável e responsável. Através deste estudo, aspira-se contribuir para um futuro no qual o descarte de plásticos deixe de ser uma ameaça ao meio ambiente,

transformando-se em uma oportunidade para a inovação, a sustentabilidade e o bem-estar coletivo.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho para o desenvolvimento do projeto da máquina de compressão de plástico é a Metodologia de Desenvolvimento Integrado de Produto (PRODIP). Esta abordagem sistemática é reconhecida por sua eficácia na integração de diferentes etapas do processo de desenvolvimento de produtos, desde a concepção inicial até a implementação final. A PRODIP destaca-se por sua capacidade de harmonizar as demandas técnicas, ambientais, econômicas e sociais, essenciais para o sucesso de projetos voltados para a sustentabilidade e inovação tecnológica no manejo de resíduos plásticos.

A escolha da PRODIP como metodologia para este projeto baseia-se em sua estrutura flexível e iterativa, que permite ajustes e melhorias contínuas ao longo do desenvolvimento do produto. Esta metodologia é dividida em fases distintas, mas interconectadas, que incluem a definição do problema, a pesquisa e análise de requisitos, a geração de conceitos, o desenvolvimento de protótipos, a avaliação e, por fim, a implementação. Cada uma dessas fases será cuidadosamente executada com o objetivo de otimizar a funcionalidade, eficiência e sustentabilidade da máquina de compressão de plástico.

Inicialmente, será realizada uma análise aprofundada do problema dos resíduos plásticos, identificando as necessidades específicas que a máquina de compressão deve atender. Esta etapa é crucial para assegurar que o produto final esteja alinhado com os objetivos de sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica. Em seguida, procederemos com a pesquisa e especificação dos requisitos técnicos e materiais necessários, considerando as melhores práticas de design e engenharia sustentável.

A fase de geração de conceitos envolverá a elaboração de diferentes propostas de design, que serão avaliadas com base em critérios pré-estabelecidos, como eficiência na compressão de plásticos, facilidade de uso, custo-benefício e impacto ambiental. Após a seleção do conceito mais promissor, iniciaremos o desenvolvimento de protótipos, que serão submetidos a testes rigorosos para validar sua funcionalidade e eficácia.

A avaliação dos protótipos permitirá identificar potenciais melhorias e ajustes necessários, garantindo que a máquina de compressão atenda aos requisitos de desempenho e

sustentabilidade. Por fim, a fase de implementação envolverá a produção em escala e a disseminação da tecnologia, acompanhadas de estratégias de capacitação e engajamento comunitário para promover a adoção da máquina de compressão de plástico.

Adotando a PRODIP, este projeto se compromete não apenas com o desenvolvimento de uma solução tecnológica inovadora, mas também com a promoção de práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis e eficientes. Através desta metodologia integrada, aspiramos contribuir significativamente para a mitigação do problema global dos resíduos plásticos, alinhando inovação tecnológica com responsabilidade ambiental e social.

2.1 PESQUISA INFORMACIONAL

2.1.1 Necessidades de Usuário

De acordo com pesquisas no mercado de reciclagem de plástico, algumas empresas e usuários identificaram alguns aspectos que precisam ser levados em consideração na hora de adquirir um novo equipamento, sendo eles: o equipamento não pode ocupar muito espaço, sendo compacto. Precisa ter uma boa manutenibilidade, sendo de fácil manutenção. Precisa ser fácil de utilizar, ou seja, com baixa complexidade. Precisa ser eficiente energeticamente. Precisa ser seguro ao operador e ser durável

2.1.2 Requisitos de Usuário

De acordo com o Quadro 1, feito a partir das necessidades de usuário, é possível visualizar quais são os requisitos necessários para o usuário adequar o produto em sua linha produtiva.

Quadro 1 – Requisitos de Usuário

Necessidades Dos usuários	Requisitos dos usuários
Não ocupar muito espaço	Tamanho do equipamento
de fácil manutenção	Mantenabilidade
de fácil utilização	Complexidade de uso
Eficiente energeticamente	Consumo
Seguro ao operador	Segurança
Ser durável	Durabilidade

Fonte: Autores (2024)

2.1.3 Requisitos de Projeto

Uma das etapas mais importantes do desenvolvimento de um produto é a etapa que irá definir os requisitos de projeto, pois é nela que o usuário irá se conectar com a engenharia, isto é, onde os requisitos listados pelos usuários serão convertidos em pré-requisitos para o desenvolvimento do produto, instaurando com consequência as descrições e grandezas a serem aplicadas na etapa da prototipagem. Quadro 2 - conversão visual dos requisitos de usuários em requisitos de projeto.

Quadro 2 – Pré-requisitos de projeto

Requisitos dos usuários	Requisitos de projeto	Grandezas
Tamanho do equipamento	Menor área ocupada	Metros quadrados (m²)
	Menor altura total do equipamento (fundação e forno)	
Manutenabilidade	Tempo de manutenção reduzido	Horas (h)
	Número de componentes reduzidos	Peças unitárias totais (N)
	Boa disponibilidade de componentes no mercado	<i>índice (X)</i>
Complexidade de uso	Pequena quantidade de etapas e comandos para utilização	Quantidade (N)
Consumo	Consumo eficiente de energia do sistema	Quilo Watts por hora (KW/h)
Segurança	Presença de dispositivos de segurança	Quantidade (N)
Durabilidade	Resistência à fadiga do sistema de compressão	Número de ciclos (N)
	Resistência mecânica da fundação.	Mega Pascal (MPa)
	Vida útil considerável	Horas (h)

Fonte: Autores (2024)

A fim de otimizar o trabalho e a construção do projeto, a casa da qualidade identifica e mensura o nível de importância de cada requisito de projeto. Sendo os níveis de 1 a 5, o quadro

demonstra quais requisitos a serem levados com maior importância quanto maior for o somatório.

Quadro 2 – Casa da Qualidade

Requisitos do Projeto	Menor área ocupada	Menor altura total do equipamento	Tempo de manutenção reduzido	Número de componentes reduzidos	Boa disponibilidade de componentes no mercado	Pequena quantidade de etapas e comandos para utilização	Consumo eficiente de energia do sistema	Presença de dispositivos de segurança	Resistência à fadiga do sistema de compressão	Resistência mecânica da fundação	Vida útil considerável
Requisito do usuário											
tamanho do equipamento	5	5	2	3	1	1	2	2	1	3	1
manutenibilidade	2	2	5	2	5	1	1	2	4	2	4
complexidade de uso	1	2	1	4	1	5	1	2	1	1	1
Consumo	1	1	1	1	1	2	5	1	1	1	3
segurança	2	2	1	1	1	1	1	5	3	2	1
Durabilidade	1	1	2	2	1	1	2	4	5	5	5
Soma total	12	13	12	13	10	11	12	16	15	14	15

Fonte: Autores (2024)

2.1.4 Especificações de Projeto

A partir da Casa da qualidade, 6 (seis) itens podem ser pontuados e analisados separadamente. A fim de destacar os requisitos mais relevantes para a construção do projeto, o quadro 4 traz as especificações do projeto, isto é, classificando dos números 1 a 6 (onde 1 é o item de maior importância), os requisitos podem ser descritos, verificados e tendo seus possíveis riscos evidenciados.

Quadro 4 – Especificações de Projeto

Item	Classificação	Descrição	Verificação	Possíveis riscos
1	Presença de dispositivos de segurança	Como o equipamento possui trabalho a quente, possui segurança quanto ao superaquecimento ou temperaturas elevadas para o operador	Possuir um termostato e um sistema de parada emergencial	Danos nos componentes ou acidentes com o operador
2	Vida útil considerável	Equipamento apto a trabalhar por várias horas sem danos permanentes ao funcionamento	Vida útil maior que 2 anos	Mau funcionamento ou parada do equipamento

3	Resistência à fadiga do sistema de compressão	Atuadores resistentes a uma quantidade elevada de ciclos	Devido à baixa quantidade de ciclos por uso do sistema: os atuadores devem tender a vida infinita ao longo da vida útil do equipamento.	Danos no sistema de compressão e parada do equipamento.
4	Resistência mecânica da fundação	Fundação resistente a carga dos equipamentos	Possuir coeficiente de segurança maior ou igual a 3	Quebra da sustentação do sistema
5	Número de componentes reduzidos	Responsável por diminuir a complexidade de instalação e manutenção	Estrutura metálica, forno, sistema de compressão, IHM's	Grau de complexidade elevado e alto custo
6	Menor altura total do equipamento	Influência diretamente na acessibilidade do equipamento	Altura total $\leq 1,6\text{m}$ Altura da fundação = $0,9\text{m}$	Não ter uma altura ideal dificultaria o trabalho do operador

Fonte: Autores (2024)

De acordo com o quadro 4, é possível ver que em primeiro lugar ficou a Presença de dispositivos de segurança, que por sua vez tem mais importância devido as normas NR14 E NR15, que estabelecem regulamentação para a segurança na instalação e operação de fornos em indústrias.

A vida útil do equipamento vem logo atrás, pois possuir uma longevidade considerável também impacta nos custos na hora da adequação do equipamento ao ambiente operacional; E não menos importante, o equipamento estará apto a muito tempo de trabalho sem a necessidade de troca ou atualização.

Em terceiro lugar vem a resistência a fadiga dos atuadores, pois o sistema de compressão é o grande diferencial desse produto, pois além de um forno ele precisa ter a capacidade de comprimir o plástico, portanto é de suma importância o funcionamento do sistema de compressão sem que haja falhas significativas no mesmo.

A resistência mecânica da fundação vem em quarto lugar, esta que tem a função de garantir a sustentação do forno (carregado), sistema de compressão e dispositivos eletrônicos. Acredita-se que essa posição se deva ao fato de isso não afetar diretamente no processo.

Em penúltimo tem-se o Número de componentes reduzidos, com a finalidade de diminuir a complexidade do sistema. Seu grau de importância deve-se também ao fato de não

influenciar diretamente no funcionamento do equipamento, pois contendo os necessários para o processo, não há justificativa para componentes sobrando ou sem funcionalidade.

Por último, a menor altura total do equipamento aparece para garantir tanto a adequação a NR14 como a acessibilidade do operador.

2.1.5 Normas Técnicas

Os fornos industriais de compressão para reciclagem de plástico, como equipamentos que operam em altas temperaturas e envolvem processos complexos, devem atender a várias normas regulamentadoras (NRs) para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores, além de assegurar a proteção ambiental. Embora eu vá listar algumas NRs aplicáveis, é importante lembrar que cada país tem seu próprio conjunto de normas, e no Brasil, as NRs são estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Aqui estão algumas das normas mais relevantes para operações com fornos industriais de compressão para reciclagem de plástico:

- NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Aplicabilidade: Essa norma é crucial para qualquer equipamento industrial que utilize eletricidade, como é o caso dos fornos de compressão. Ela estabelece requisitos e condições mínimas para prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho com instalações elétricas.

Implicações para fornos de compressão: Implementação de sistemas de controle de riscos elétricos, treinamento de segurança para operadores e manutenção elétrica periódica.

- NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Aplicabilidade: Esta norma abrange a segurança no projeto, instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos, incluindo fornos industriais.

Implicações para fornos de compressão: Exige a adoção de medidas de proteção para evitar acidentes e doenças ocupacionais, como a instalação de sistemas de proteção e a realização de avaliações de risco.

- NR-15 - Atividades e Operações Insalubres

Aplicabilidade: Trata das atividades que expõem os trabalhadores a agentes nocivos à saúde acima dos limites de tolerância estabelecidos, incluindo calor excessivo, que é um risco potencial em operações com fornos de compressão para reciclagem de plástico.

Implicações para fornos de compressão: Avaliação e controle da exposição ao calor, fornecimento de EPIs adequados, e possíveis adicionais de insalubridade para os trabalhadores expostos.

- NR-17 - Ergonomia

Aplicabilidade: Visa a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, abrangendo aspectos como o layout do local de trabalho, manipulação de materiais e posturas de trabalho.

Implicações para fornos de compressão: Adequação ergonômica do posto de trabalho, considerando a operação e manutenção do forno, para prevenir distúrbios musculoesqueléticos.

- NR-20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis

Aplicabilidade: Especificamente relevante se o processo de compressão envolver o uso de substâncias inflamáveis ou combustíveis.

Implicações para fornos de compressão: Implementação de medidas de controle de riscos associados ao manuseio, armazenamento e transporte de inflamáveis e combustíveis.

- NR-26 - Sinalização de Segurança

Aplicabilidade: Refere-se à sinalização de segurança necessária nos ambientes de trabalho, incluindo a identificação de equipamentos de segurança, áreas de risco, vias de acesso etc.

Implicações para fornos de compressão: Uso adequado de sinalizações de segurança para indicar áreas de risco, instruções operacionais e localizações de equipamentos de emergência.

Sendo assim, ao implementar um forno industrial de compressão para reciclagem de plástico, é fundamental não apenas aderir a estas normas, mas também realizar uma avaliação contínua dos riscos, promover treinamentos de segurança regulares e engajar-se em uma manutenção preventiva rigorosa. Além disso, é importante consultar as legislações e normas locais específicas, pois pode haver requisitos adicionais a serem cumpridos.

2.1.6 Patentes

Apresentar por meio de Pesquisas de Patentes para manter a segurança da propriedade intelectual de alguma ideia ou produto/equipamentos com similares...

2.2 CRONOGRAMA

Quadro 4 – Cronograma de Projeto

CRONOGRAMA	Março				Abril				Maio				Junho			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4

Introdução																	
Prob./Obj./Justif.					X												
Projeto Informacional																	
Nec. De Usuário						X											
Req. De Usuário						X											
Req. De Projeto						X											
Normas Técnicas						X											
Patentes						X											
Projeto Conceitual																	
								X									
Projeto Preliminar																	
															X		
Projeto Detalhado																	
																X	

Fonte: Autores (2024)

3. REFERÊNCIAS

AMCHAM BRASIL. Brasil produz mais de 11,3 milhões de toneladas de lixo plástico por ano. Estadão, Ecoando, 10 set. 2019. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/economia/ecoando/brasil-produz-mais-de-113-milhoes-de-toneladas-de-lixo-plastico-por-ano/#:~:text=%22Segundo%20o%20IBGE%2C%20o%20Brasil,de%20550%2C4%20mil%20toneladas.>. Acesso em: 21 mar. 2024.

BACK, Nelson et al. Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. 601 p. Acesso em: 21 mar. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/acoes-e-programas1/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf. Acesso em: 25 mar. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A Nova Economia dos Plásticos: Relatório sobre a economia circular de plásticos. 2016. Disponível em: https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/NPEC-portuguese_1.pdf. Acesso em: 26 mar. 2024. (Tradução livre do título original em inglês: The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics)

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Gerenciamento de Resíduos Sólidos. 2008. Disponível em: <https://cev.fgv.br/programas/gerenciamento-de-residuos-solidos>. Acesso em: 18 mar. 2024.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, vol. 3, no. 7, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 23 mar. 2024.

GUIA TRABALHISTA. Disponível em: <https://www.guiatrabalhista.com.br/obras/seguranca.html>. Acesso em: 22 mar. 2024.

HOPEWELL, Jefferson; DVORAK, Robert; KOSIOR, Edward. Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, vol. 364, no. 1526, 2009, pp. 2115-2126. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0311>. Acesso em: 29 mar. 2024.