



BRUNO TEIXEIRA DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS:
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

**LAVRAS-MG
2021**

BRUNO TEIXEIRA DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO
EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof.^a Dra. Camila Silva Franco
Orientadora

**LAVRAS-MG
2021**

BRUNO TEIXEIRA DE OLIVEIRA

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO
EM INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

**INDUSTRIAL SOLID WASTE MANAGEMENT: CASE STUDY IN AN
AUTOMOTIVE INDUSTRY**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO COM CORREÇÕES em 19 de novembro de 2021.

Dra. Camila Silva Franco UFLA

Dr. Mateus Pimentel de Matos UFLA

Beatriz Fonseca Dominik Campos UFLA

Prof.^a Dra. Camila Silva Franco
Orientadora

**LAVRAS-MG
2021**

*Aos meus pais, Carla e Maurício.
À minha irmã, Laís.
Até aqui tudo foi por nós.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo amor incondicional, por se fazerem presentes mesmo quando a distância era grande e a data do reencontro desconhecida. À minha irmã, que sempre esteve ao meu lado e me mostrou que o melhor jeito de aprender é ensinar. Agradeço também à toda minha família, pela compreensão com a minha ausência em momentos importantes e pela união em momentos difíceis. Sou grato à cidade de Lavras e sua população, por terem me acolhido com a típica hospitalidade mineira, à Universidade Federal de Lavras, onde pude conviver com as mais diversas pessoas do Brasil e de fora dele, aprender, rir, chorar e viver situações que moldaram meu caráter. Agradeço aos meus professores, que mais do que Engenharia Ambiental e Sanitária, me ensinaram a viver, lutar pelos meus sonhos e não desistir por qualquer obstáculo, especialmente à Prof.^a Camila, por se comprometer de forma inigualável com o posto de orientadora deste trabalho. Por último agradeço aos amigos que fiz durante o trajeto e tornaram esta jornada mais leve, especialmente aos meus irmãos de Belo Horizonte.

A estes e muitos outros, muito obrigado!

*“Viver é partir, voltar e repartir” – Leandro
Roque de Oliveira*

RESUMO

Devido às crescentes pressões ambientais, sociais e legais, as empresas buscam formas mais eficientes de tratar seus resíduos sólidos. Uma das formas de atender esta demanda é implementar melhorias nos processos de gestão dos resíduos sólidos, buscando novas tecnologias, ferramentas e procedimentos que possam otimizar os a redução na geração e o potencial de reutilização e reciclagem. Neste contexto, objetivou-se avaliar a gestão de resíduos sólidos em uma fábrica de mecanismos de acesso para automóveis, localizada em Guarulhos-SP, com foco nos resíduos perigosos: solvente, borra plástica, borra de tinta e resíduo de liga metálica, nos anos de 2012 até 2020. Foram observadas reduções na geração de resíduo por peça produzida em três dos quatro resíduos perigosos analisados em função de alterações nos procedimentos e ferramentas que são utilizados no processo produtivo. O potencial de melhoria na gestão de resíduos na empresa está direcionado aos resíduos recicláveis e orgânicos provenientes do refeitório, uma vez que grande parte destes resíduos ainda seguem para aterro sanitário, apresentando a oportunidade de uma gestão mais eficiente sem significativo impacto negativo no aspecto financeiro. Sugere-se, portanto que os resíduos sejam separados e a fração orgânica seja encaminhada para compostagem, resultando em menor custo e impacto ambiental.

Palavras-chave: Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lixo Zero. ISO 14001. Compostagem. Reciclagem.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo geral	3
	2.2 Objetivos específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
	3.1 Classificação dos resíduos sólidos	4
	3.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos	7
	3.3 Resíduos industriais	12
4	MATERIAIS E MÉTODOS	15
	4.1 Local de Estudo	15
	4.2 Obtenção e tratamento dos dados	15
5	RESULTADOS	17
	5.1 Diagnóstico dos resíduos gerados	17
	5.2 Materiais recicláveis	19
	5.3 Resíduo do restaurante	19
	5.4 Resíduos perigosos	20
6	DISCUSSÃO	23
	6.1 Papelão, plástico, madeira e metais	23
	6.2 Resíduo orgânico	24
	6.3 Borra de tinta	25
	6.4 Solvente	27
	6.5 Lodo da estação de tratamento de efluentes industriais	27
	6.6 Borra plástica	28
	6.7 Demais resíduos perigosos	28
	6.8 Programa de melhorias na gestão de resíduos na empresa	29
7	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, aquecimento global e o uso de fontes de energia não renováveis nos últimos séculos criou uma preocupação crescente com o meio ambiente. Com discussões cada vez mais aprofundadas, foram se criando leis, normas, incentivos fiscais e outros artifícios que possibilitem um desenvolvimento econômico de menor impacto ambiental.

Além das medidas governamentais, o aspecto social também se mostrou importante nesta mudança de visão sobre o meio ambiente, com famílias sendo sustentadas por trabalhos como triagem e reciclagem de resíduos, além de uma crescente pressão dos consumidores sobre a indústria por produtos com menor impacto ambiental agregado.

Todas estas medidas refletem no meio industrial, que começa a enxergar a gestão ambiental como forma de atrair novos clientes e colaboradores, além de entender que medidas como a redução na geração de resíduos e o reuso da água podem trazer não somente um menor impacto ambiental, como também economia de recursos financeiros.

Tendo em vista a crescente competitividade na economia e a demanda por produtos com menor impacto ambiental agregado, as empresas buscam novos meios de produção e gestão de resíduos a fim de atender as necessidades do mercado, buscando sustentabilidade.

No Brasil um dos marcos legais para o meio ambiente foi a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), definindo o conceito de responsabilidade compartilhada por toda a cadeia de produção e consumo sobre os resíduos gerados e definindo a não geração de resíduos como prioridade.

Como forma de demonstrar um desempenho ambiental acima do estipulado por lei, organizações buscam certificações como a Norma Brasileira (NBR) feita com base na norma internacional da Organização Internacional de Normalização, do inglês ISO, NBR ISO 14001 (ABNT, 2004) a Lixo Zero (ZWIA, 2018), que determina a não destinação de resíduos sólidos para aterros e incineradores, destinações altamente poluentes, tampouco a corpos d'água, que podem ser utilizados para finalidades mais nobres como consumo, lazer e turismo, além de direcionar para a redução da geração de resíduos e da não geração de resíduos com tempo de vida útil muito reduzido, como descartáveis (ZWIA, 2018).

Foi com base nas preocupações com o meio ambiente e a possibilidade de aliar menor impacto ambiental e economia de recursos financeiros que decidiu-se aproximar uma indústria de mecanismos de acesso para automóveis dos conceitos e premissas supracitados, para que

diminua seus impactos ambientais e possa obter os benefícios de um modelo de negócio mais sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar um diagnóstico dos resíduos gerados na produção de mecanismos de acesso automotivos, com foco em resíduos perigosos e apresentar sugestões para o correto gerenciamento destes resíduos, com menor impacto ambiental possível, sem que haja prejuízo considerável nos aspectos financeiros e operacionais do empreendimento.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar e classificar os resíduos gerados na empresa;
- Diagnosticar a movimentação e destino dos resíduos;
- Avaliar possibilidades de redução de geração dos resíduos
- Demonstrar alternativas sustentáveis de destinação disponíveis para os resíduos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com o panorama publicado pela Abrelpe - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, no ano de 2019 o Brasil produziu cerca de 67 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, desses, apenas 59,5% foram destinados corretamente (ABRELPE, 2020). No mesmo ano, apenas 4% do lixo reciclável do Brasil foi encaminhado para a reciclagem. (ABRELPE, 2020) Estes dados nos mostram a necessidade de investimento em gestão de resíduos no país, uma vez que enviar os resíduos para um aterro sanitário sem que os mesmos passem por triagem aumenta os impactos ambientais gerados. (GOMES et. al., 2015) Segundo levantamento da Rede de Notícias a Cabo, do inglês CNN, tal desperdício de materiais recicláveis deixou de gerar R\$14 bilhões, prejudicando a economia e a saúde das pessoas que são afetadas pela destinação irregular de lixo, um dos grandes problemas do país (CNN, 2021).

Uma das ferramentas que criadas para reduzir e eliminar os problemas citados é a PNRS, que traz em seus objetivos a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e finalmente a disposição final adequada dos rejeitos, exatamente nesta ordem de prioridade. (BRASIL, 2010).

De acordo com o artigo 13º da lei nº 12.305/2010, que institui a PNRS, resíduos industriais são todos os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Além disso, a lei também define as responsabilidades dos geradores de resíduos e entre elas incluem a definição e operacionalização do plano de gestão de resíduos sólidos aprovado pelo órgão ambiental competente. A PNRS também permite que sejam contratadas empresas terceirizadas para realizar a gestão de resíduos sólidos, mas deixa claro em seu Art. 27 que tal contratação não exime a empresa geradora de suas responsabilidades.

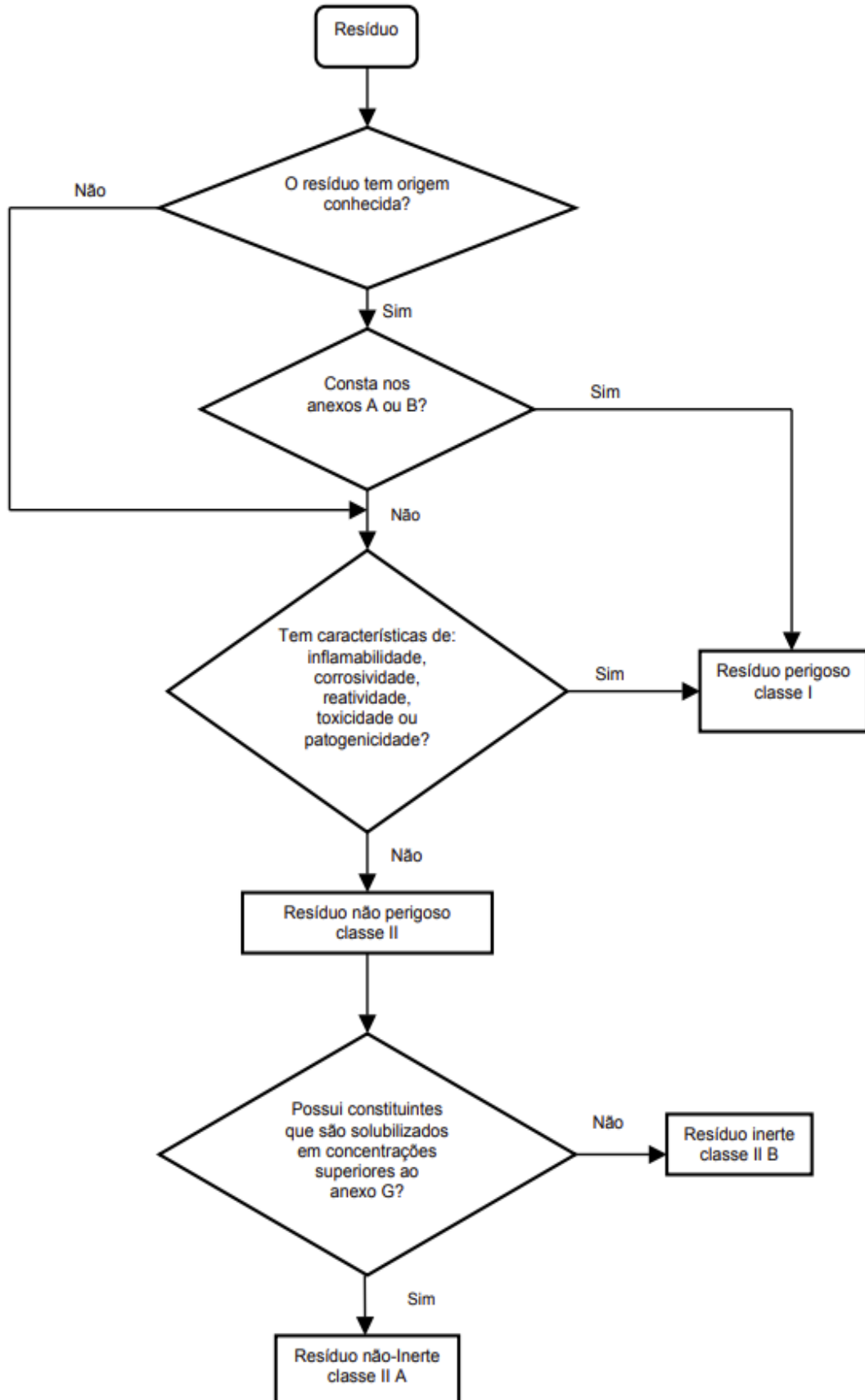
Como são necessários diferentes procedimentos para cada tipo de resíduo, foi criada a classificação de resíduos de forma a agrupa-los por características semelhantes.

3.1 Classificação dos resíduos sólidos

Devido à geração de uma quantidade cada vez maior de lixo oriundo de diversos processos produtivos, resultando em resíduos com características heterogêneas, foram criados critérios de classificação para o agrupamento em classes que indicam seu correto gerenciamento.

Uma das principais normas de classificação de resíduos sólidos do país é a Norma Brasileira (NBR) 10004, que classifica os resíduos como **Classe I - Perigosos** e **Classe II - Não perigosos**, além de dividir os não perigosos nas classes **IIA - Não Inerte** e **IIB - Inerte**, tal classificação se aplica a qualquer resíduo sólido, e é obtida pela análise das matérias primas, insumos e processos que geraram o resíduo, seguindo as NBRs 10005, 10006 e 10007, que tratam de processos para obtenção de extrato lixiviado, extrato solubilizado e padrões de amostragem de resíduos sólidos, respectivamente, além de compará-lo com outros resíduos de efeitos bem conhecidos na natureza, que se encontram em listas anexadas à NBR. (ABNT, 2004) Pode-se entender melhor como essa classificação funciona pela Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de caracterização e classificação de resíduos sólidos



Fonte: ABNT (2004)

A norma também apresenta 5 subclasses para os resíduos considerados perigosos, que são brevemente apresentadas a seguir:

Inflamável. Utilizada para líquidos com baixo ponto de fulgor, sólidos que reagem por fricção ou impacto gerando fogo persistente, material que libera oxigênio, dificultando a extinção do fogo e gases comprimidos inflamáveis, entre outros;

Corrosivo. Aplicada para soluções aquosas com pH abaixo de 2 ou acima de 12,5 e líquidos com alto fator de corrosão em aço, entre outros;

Reativo. Aplica-se a materiais instáveis e que reagem violentamente sem detonar, com ou sem a presença de água, também enquadra materiais explosivos ou que sejam usados como parte ativa em explosivos ou dispositivos pirotécnicos, entre outros;

Tóxico. São os resíduos que se encontram nos anexos C, D, E e F da NBR, além dos resíduos que sejam letais ao ser humano e outras substâncias que sejam letais em doses menores que as definidas pela NBR em testes laboratoriais.

Com os resíduos devidamente classificados e separados, é possível definir a estratégias diferentes de não geração, redução, reutilização, reciclagem tratamento e destinação para cada tipo de resíduo.

3.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Durante o processo de licenciamento ambiental da indústria, criado pela PNRS, o órgão competente pode estabelecer normas para cada empreendimento e fiscalizá-las sempre que desejar (BRASIL, 2010). Tais normas e fiscalizações podem incluir condicionantes ambientais, como quantidade de resíduos gerados, métodos de armazenamento e transporte, bem como sua destinação.

Uma das ferramentas utilizadas pelas empresas para atender as normas ambientais e prevenir os impactos negativos das suas atividades sobre o meio ambiente é a gestão ambiental (SANTOS, ANDREOLI e SILVA, 2009), que segundo a PNRS abrange a tomada de decisões estratégicas voltada aos resíduos considerando as dimensões sociais, políticas, culturais e ambientais objetivando o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Já o gerenciamento de resíduos sólidos pode ser entendida como o conjunto de ações de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos rejeitos, de forma ambientalmente adequada e de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2010).

Dentre as normas criadas e aplicadas de forma a se obter uma certificação de gestão ambiental, se destaca a família de normas ISO 14000. A ISO 14001 define quais pontos serão

determinantes para a certificação e auditoria de gestão ambiental nas empresas. A norma ISO 14001 traz a metodologia que representa um ciclo de planejamento, execução, auditoria e plano de ação, do inglês *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) como uma de suas principais ferramentas. Segundo Costa (2021), estes modelos permitem um aumento na eficiência de processos, no controle de atividades, na normalização de informações e principalmente, garante que a gestão de processos seja feita de forma cíclica, garantindo a melhoria contínua. O Quadro 2 apresenta a descrição de cada etapa do ciclo PDCA:

Quadro 2 - Descrição das etapas do ciclo PDCA aplicado à Gestão Ambiental

Plan	Verificar se a empresa está de acordo com a Política Ambiental
	Definição dos aspectos ambientais (atividades, produtos e serviços)
	Estabelecimento de objetivos e metas ambientais
	Definição dos recursos necessários
Do	Estabelecimento de estruturas e responsabilidade
	Operacionalização do sistema
	Implantação de comunicação (interna e externa)
	Controle e supervisão das atividades acompanhadas de documentação
Check	Obtenção de registros ambientais
	Documentação de procedimentos
	Identificação de não conformidades
	Definição de medidas para mitigar impactos e iniciar ações corretivas e preventivas
Act	Avaliação e análise crítica dos resultados
	Identificação de viabilidade do projeto/ação
	Revisão e identificação de eficiência do andamento das atividades
	Análise e evolução das atividades

Fonte: Adaptado de Dropa et. al. (2010)

Por meio da metodologia PDCA é possível implementar projetos complexos com maiores chances de êxito, como demonstrado por Dropa et al. (2010) que implementaram um

sistema de coleta de água pluvial em uma oficina mecânica com uso do PDCA, reduzindo o impacto ambiental da atividade desenvolvida e gerando economia de recursos.

Segundo Abdul-Rahman (2014), a não geração de resíduos pode ser entendida como a mais significativa opção de gerenciamento, uma vez que deixando de produzir um resíduo, toda a logística e custos relacionados ao seu gerenciamento são eliminados. Uma vez que eliminar a geração de alguns tipos de resíduos é inviável, é recomendado utilizar a redução como forma de alcançar efeitos parecidos, mas em menor escala.

Com a finalidade de aperfeiçoar o transporte de resíduos perigosos, criando medidas de segurança e incorporando novas técnicas de transporte que surgem ao redor do mundo, a Organização das Nações Unidas (ONU), através de seu Comitê de Peritos em Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas criou as Recomendações das Nações Unidas relativas ao Transporte de Mercadorias Perigosas, mais conhecido como Livro Laranja (United Nations, 2019). Uma contribuição importante do Livro Laranja para o transporte de produtos e resíduos perigosos é o número ONU, destinado a identificar produtos perigosos o número é composto por quatro dígitos e pode ser vinculado a um material específico ou a uma classe de materiais, como determinado no Livro Laranja, e deve estar presente de forma que seja visível à distância em qualquer meio de transporte que contenha tais produtos, essa medida faz com que em caso de acidente no transporte a identificação do produto transportado seja facilitada e seus impactos reduzidos (United Nations, 2019). O livro não tem a intenção de regulamentar e não é utilizado como norma legal por nenhum país, mas é amplamente usado como modelo para as legislações de transporte de produtos perigosos ao redor do mundo.

No Brasil ele serviu como base para a elaboração da Resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) nº 5.947/2021, que atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e aprova as suas Instruções Complementares, utilizando o Livro Laranja como fonte para sua elaboração (BRASIL, 2021). Entre outros fatores, a resolução classifica os produtos perigosos, suas embalagens, os procedimentos para transporte, bem como as multas a serem aplicadas em caso de infração.

No que tange ao transporte de resíduos, outra norma a ser seguida é a Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020 do Ministério do Meio Ambiente, que institui o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) como um documento auto declaratório, de preenchimento obrigatório e que deve acompanhar a carga em qualquer transporte de resíduos pelo país (BRASIL, 2020). A portaria também institui o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) como plataforma online de uso gratuito por onde devem ser gerados os MTRs.

Após cadastro na plataforma online tanto do gerador do resíduo, quanto dos transportadores, armazenadores e destinadores o MTR é emitido pela empresa geradora, que inclui no documento dados importantes sobre este, como suas características, número ONU, destinação, quantidade, classificação segundo NBR 10004 e também declara quais empresas são responsáveis pelo transporte, armazenamento temporário e destinação. O documento impresso deve ser transportado junto com seu resíduo declarado e pelo próprio SINIR as empresas devem confirmar a realização do transporte e emitir certificados de destinação, isso centraliza toda a informação acerca do transporte de resíduos e facilita a fiscalização (BRASIL, 2020).

A emissão online do MTR passou a ser obrigatória no primeiro dia do ano de 2021 para todos os geradores de resíduo que já são obrigados pela lei que institui a PNRS a elaborar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), como relacionado no Quadro 1 e, apesar de ter seu uso obrigatório em todo o território nacional, os órgãos ambientais de cada estado ficam livres para criarem suas próprias plataformas online de declaração e emissão de MTR, desde que os dados coletados sejam posteriormente integrados ao SINIR (BRASIL, 2020). No estado de São Paulo, é utilizado o Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (SIGOR), que entre os dados necessários para emissão do MTR, também solicita o número do Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) (SÃO PAULO, 2021).

Quadro 1 - Relação de geradores obrigados por lei a elaborar o PGRS

Geradores de	Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico*
	Resíduos industriais
	Resíduos de serviços de saúde
	Resíduos de mineração
	Resíduos da construção civil
	Resíduos perigosos
	Resíduos não perigosos, mas que por algum motivo não se equiparem ao resíduo domiciliar
	Resíduos de serviços de transporte
	Resíduos das atividades agropecuárias e silviculturais

*Exceto Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos de Limpeza Urbana

Fonte: Adaptado de Brasil (2010)

O CADRI é um documento exclusivo do estado de São Paulo emitido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) que autoriza o encaminhamento de resíduos de interesse ambiental a locais de reprocessamento, armazenamento, tratamento ou disposição final. Obrigatório para todo o transporte de resíduos Classe 1 da NBR 10004 e mais uma lista de resíduos de interesse gerida pela própria CETESB, o documento possui validade de 1 a 5 anos e deve ser emitido para que possa ocorrer o transporte do resíduo em conformidade com a legislação. (SÃO PAULO, 2021)

Outra forma de aperfeiçoar a gerenciamento de resíduos é por meio da reciclagem de materiais inorgânicos, que, em conjunto com a compostagem da matéria orgânica, pode reduzir a quantidade de resíduo enviado para aterro sanitário, diminuindo a produção de lixiviado e gases de efeito estufa, aumentando a vida útil do aterro. (GOMES et. al., 2015)

Uma das vantagens da reciclagem é o menor desperdício de matéria prima, uma vez que resíduos que seriam descartados podem ser manufaturados para retornarem ao início da cadeia produtiva.

Apesar ser associada principalmente a uma forma de recuperar matéria prima pós-consumo, a reciclagem também é fundamental dentro das indústrias, uma vez que sobras e aparas recém geradas possuem características mais homogêneas, além de não possuírem

qualquer tipo de contaminação, facilitando o processo de reciclagem (REIS, FERNANDES, 2021).

Como penúltimo item na ordem de prioridade da PNRS se encontra o tratamento de resíduos. Apesar de ser o último item citado na ordem de prioridade da PNRS, a disposição final em aterros sanitários é o destino mais frequente entre muitas empresas, como é possível observar no estudo de Potrich, Teixeira e Finotti (2007).

Para resíduos perigosos, as destinações finais podem ser variadas, como recuperação para o caso dos solventes e borra de tinta, reciclagem para a borra de tinta e outros materiais recicláveis e uso agrícola no caso de resíduos orgânicos que passaram pelo tratamento de compostagem. Disposições finais ambientalmente adequadas são importantes, mas não serão necessárias se o princípio da não geração puder ser aplicado ao resíduo. (ABDUL-RAHMAN, 2014)

Diante deste cenário, destaca-se a necessidade de promover o correto gerenciamento de resíduos sólidos tanto nas atividades urbanas, como nas industriais, com vistas ao aproveitamento de recursos e redução dos impactos ambientais. Nesta linha, os procedimentos se iniciam com armazenamento e transporte corretos dos resíduos.

3.3 Resíduos industriais

Potrich, Teixeira e Finotti (2007) discutem sobre a geração de resíduos no processo de pintura em indústria automotiva, em que os resíduos de solvente; 40.000kg/mês e borra de tinta; 12.600kg/mês são encaminhados para reciclagem e coprocessamento, respectivamente. Os autores também citam uma preocupação com tratamento e disposição dos resíduos por parte da empresa, que despense menos esforços voltados à não geração e redução na geração dos resíduos.

Gaspar (2018) estudou duas empresas geradoras de borra de tinta e comprovou que destinar a borra para reciclagem ao invés de aterro apresenta diversos benefícios, entre eles redução de custo, redução de passivos ambientais, maior vida útil de aterros e menor impacto ambiental. A economia estimada com o envio da borra para reciclagem foi de R\$23.328,00/ano, considerando uma geração mensal de 12 ton. de borra.

Com relação ao resíduo de injeção plástica, Pereira, Soares e Santana (2014) comprovaram que misturas de plástico virgem com borra plástica moída podem ser utilizados para produzir peças novas com uma porcentagem de até 75% de borra, mantendo a mesma

resistência mecânica. Para alcançar este resultado na prática é necessário evitar a contaminação da borra por outros tipos de plástico ou impurezas.

Durante a pesquisa foram classificados os resíduos de uma indústria de mecanismos de acesso para automóveis, avaliando todas as etapas de seu gerenciamento em busca de melhorias no aspecto ambiental.

Os resíduos recicláveis são constituídos por papelão, plástico e madeira que não são gerados durante os processos produtivos, provenientes dos setores administrativos e de estoque. Os metais são gerados principalmente por embalagens de insumos e ferramentas inservíveis.

Já os resíduos orgânicos são gerados no restaurante, entre desjejum, almoço, café da tarde, janta e ceia, onde são servidas cerca de 900 refeições por dia, gerando resíduos em diversas etapas:

- No recebimento e armazenamento dos alimentos, através do descarte de embalagens, gerando principalmente papelão e plástico;
- No preparo dos alimentos, por sobras e partes não aproveitadas para a receita, gerando principalmente matéria orgânica;
- E durante as refeições, onde são gerados resíduos provenientes das sobras de pratos e panelas, bem como os copos plásticos utilizados para servir suco e gelatina, embalagens plásticas para os talheres, luvas plásticas utilizadas para servir o alimento e guardanapos. Essa última etapa gera resíduos orgânicos, plásticos e de papel, que são acondicionados em um tambor para o resíduo orgânico e outro para plástico e papel.

A borra de tinta é um dos resíduos perigosos resultantes do processo produtivo da empresa, proveniente do setor de pintura. De forma a evitar a emissão de gases e vapores tóxicos de tinta para o meio ambiente, todo o ar que sai das cabines de pintura passa por uma cortina de água, que retém as partículas suspensas, essa água também é utilizada para realizar a limpeza das cabines de pintura, recebendo uma grande quantidade de resíduo de tinta. Após esse processo a água passa para um misturador onde recebe um composto floculante e segue a um tanque de flotação onde toda a tinta é removida pela superfície do tanque por diferença de densidade, o que permite que a água seja reutilizada no mesmo processo. Todo o material retirado nesse processo é descartado com o nome de “borra de tinta”.

Já o lodo é gerado na ETE de efluentes industriais. Todo o lodo líquido é separado do efluente tratado por decantação, de onde segue para um filtro prensa, de forma a eliminar grande parte dos líquidos de sua composição, diminuindo sua massa, volume e conseqüentemente facilitando seu transporte e destinação.

Utilizado somente na área da pintura, o solvente é responsável pela limpeza de ferramentas com tinta, limpeza das cabines de pintura, cabides de pintura e outros acessórios.

Outro resíduo gerado nos processos produtivos é a borra plástica. Seja por defeitos nas máquinas injetoras, ou por necessidade de troca do polímero utilizado na injeção, por diversas vezes é necessário parar a produção e neste caso todo o material pronto para ser injetado deve ser descartado.

As embalagens de produtos químicos são recipientes plásticos com capacidade para 20L, provenientes do setor de galvanoplastia, são consideradas resíduos perigosos por conterem resquícios de produtos químicos em seu interior.

A borra de injeção de ZAMAC é gerada a partir do processo de injeção, juntamente com os galhos de injeção e rebarbas, refugos que por questões industriais e de segurança não podem ser imediatamente reutilizados como matéria prima.

O resíduo ambulatorial é gerado no ambulatório instalado na empresa, composto principalmente por gases, palitos de madeira, algodão, papéis utilizados para forrar as macas e com a pandemia de COVID-19, máscaras descartáveis.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de Estudo

A fábrica objeto de estudo se encontra em Guarulhos, município do estado de São Paulo, onde são produzidas maçanetas, chaves e fechaduras para diversos modelos de automóveis. Como principais métodos de produção se destacam a injeção plástica e a moldagem de liga metálica de Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre (Zamac).

A fábrica possui aproximadamente 1200 colaboradores, considerando a mão de obra direta e indireta que operam no local, os quais se revezam em três turnos de segunda a sexta, possui ainda capacidade para funcionar aos finais de semana dependendo da demanda do produto.

O local também conta com um restaurante que serve cerca de 900 refeições por dia, servindo café da manhã, almoço, café da tarde, janta e ceia para os funcionários. Em relação à infraestrutura, possui área construída de 18320,85 m², abastecida por água proveniente de caminhões pipa. A fábrica também possui duas estações de tratamento de efluentes, uma para o efluente doméstico e outra para o efluente industrial, com vazões médias de 25 e 15 m³/dia, respectivamente.

4.2 Obtenção e tratamento dos dados

Para o trabalho, foram coletados dados da geração de resíduos de 2012 a 2020, armazenados no banco de dados da empresa. Também foram consultadas as empresas contratadas para o gerenciamento dos resíduos e as documentações ambientais de geração de resíduos, como CADRIs e MTRs, a fim de entender melhor os procedimentos de transporte e destinação dos resíduos. O Quadro 3 apresenta as informações coletadas em cada fonte.

Não foram encontrados dados suficientes sobre quantidade gerada, caracterização, transporte e destinação final para o lodo da estação de tratamento de efluentes domésticos, portanto, o mesmo não será abordado no trabalho.

Quadro 3 - Fontes de coleta de dados

Fonte	Dado coletado
MTR	Quantidade destinada atual
CADRI	Empresa destinadora Tipo de disposição final
Fábrica	Forma de coleta e armazenamento Dados históricos de quantidade gerada
Empresas terceirizadas	Forma de transporte Método de quantificação dos resíduos enviados

MTR - Manifesto de Transporte de Resíduos; CADRI - Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os dados de geração de resíduos utilizados foram tratados no Microsoft Excel®, organizados por tipo de resíduo, mês e ano de geração. As falhas na série histórica foram removidas e foram gerados gráficos boxplot pelas rotinas: =MAIOR; =MENOR; =MED e =QUARTIL.

Para a discussão foi consultada a literatura em busca de melhores alternativas para a gestão de resíduos da empresa, utilizando as bases de dados do Google Scholar, SciELO e portal da CAPES, buscando artigos com temas com as seguintes palavras chave: Lixo Zero; Reciclagem na Indústria; Compostagem Industrial; Gestão de Resíduos Sólidos; Gestão de Resíduos em Indústrias; Resíduo em Indústria Automotiva. Foram estudadas publicações generalistas de gestão de resíduos sólidos e também publicações com foco em casos semelhantes, em que os resíduos gerados ou o tipo de empreendimento se assemelham aos do estudo. Tais publicações, juntamente com as normas, leis e recomendações encontradas foram fundamentais para fomentar a discussão apresentada.

Com esses dados foi possível observar a alteração na quantidade de resíduos gerada ao longo dos anos e sugerir mudanças na gestão de resíduos da empresa, com base na literatura atual.

5 RESULTADOS

5.1 Diagnóstico dos resíduos gerados

O Quadro 4 apresenta os principais resíduos gerados na empresa estudada, assim como sua classificação segundo a ABNT 10004, principais fontes de geração dentro da empresa, forma de armazenamento, destinação e quantidade média mensal de geração no primeiro semestre de 2021.

Figura 2 - Geração de resíduos em fábrica de mecanismos de acesso para automóveis

Administrativo	<ul style="list-style-type: none"> • Papel • Papelão • Plástico
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> • Metal • Madeira • Plástico
Restaurante	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria orgânica • Plástico
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Borra de tinta • Solvente
ETE - galvanoplastia	<ul style="list-style-type: none"> • Lodo de ETE
Setor de injeção	<ul style="list-style-type: none"> • Borra plástica • Peças defeituosas

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4 - Classificação dos resíduos gerados, tipo de armazenamento, destinação e quantidades mensais aproximadas

ABNT 10004	RESÍDUO	QUANT. MENSAL APROX. (Kg)	ARMAZENAMENTO	DESTINAÇÃO
IIA	Papelão	3.400	Caçambas descobertas	Reciclagem
IIB	Plástico	3.200		
IIA	Madeira	4.800		
IIB	Borra Plástica	8.000	Gaiola aramada	Aterro Sanitário
IIB	Metais	550	Caçamba coberta	
IIA	Resíduo do restaurante	1.760	Sacos Plásticos em caçambas fechadas	
I	Borra de Tinta	1.600	Tambores metálicos	Coprocessoamento
I	Lodo da ETE industrial	3.000		
I	Solvente	2.500	Tanque 1000L	Recuperação de Solvente
I	Bombonas vazias	120 Un.	Sala de Resíduos	Logística Reversa
*	Rebarbas de ZAMAC	280	Caixas	
I	Resíduo ambulatorial	0,5	Caixa de papelão	Incineração

I - Perigoso; IIA - Não inerte; IIB - Inerte; *ZAMAC:

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Materiais recicláveis

Tais materiais são armazenados em caçambas a céu aberto e doados a uma empresa recicladora, que arca com todos os custos do transporte, triagem e destinação.

Devido a este procedimento, não é possível encontrar dados confiáveis de quantidade gerada para tais resíduos, uma vez que como não há venda dos resíduos, a pesagem por balança rodoviária é facultativa e não ocorria até o primeiro semestre de 2021. Por este motivo todos, os dados encontrados acerca destes resíduos apresentavam muitas falhas na série histórica e contavam apenas a quantidade de caçambas retiradas por mês, com uma mesma estimativa de massa para todas as caçambas.

5.3 Resíduo do restaurante

Atualmente, todo o resíduo gerado pelo restaurante é coletado e descartado de forma conjunta. Apesar de serem gerados em momentos diferentes e coletados em recipientes diferentes, os resíduos são coletados por um caminhão compactador de uma empresa terceirizada e encaminhados para um aterro sanitário particular, localizado na zona norte de Guarulhos, a aproximadamente 30 Km do local do estudo.

A empresa responsável pela coleta e destinação não realiza cobrança com base na massa de resíduos destinados e sim por meio de uma cobrança mensal fixa, tal forma de cobrança dispensa o uso de balança rodoviária para o caminhão compactador e permite que, na mesma viagem, sejam coletados resíduos de diversas fontes, o que facilita em termos de logística.

Em contrapartida, a empresa contratante precisa mensurar os resíduos *in loco* para obter um histórico de geração deste tipo de resíduos, uma ação que deve ser iniciada no último trimestre de 2021, para que se possa estabelecer metas de redução. A estimativa atual de geração é de 100 Kg de resíduos por dia, que foi obtida por meio de pesagem dos resíduos durante um único dia, mas o volume e tipo de resíduo varia muito de acordo com o cardápio servido no restaurante. Os resíduos recicláveis do restaurante são descartados em conjunto com os resíduos orgânicos, sendo ambos acondicionados em sacos plásticos.

5.4 Resíduos perigosos

O lodo da ETE apresenta poucas alternativas de descarte, já que durante o processo produtivo são utilizados produtos químicos que podem estar presentes em sua composição, como cromo, níquel, ácido sulfúrico e ácido nítrico, entre outros.

Quanto ao solvente, apesar de ainda não possuir logística reversa obrigatória, podendo ser enviado à aterros industriais, coprocessamento ou incineração, seu custo de recuperação é baixo, o que motiva a empresa fornecedora a coletar o resíduo pós consumo e realizar o tratamento adequado, possibilitando sua reutilização.

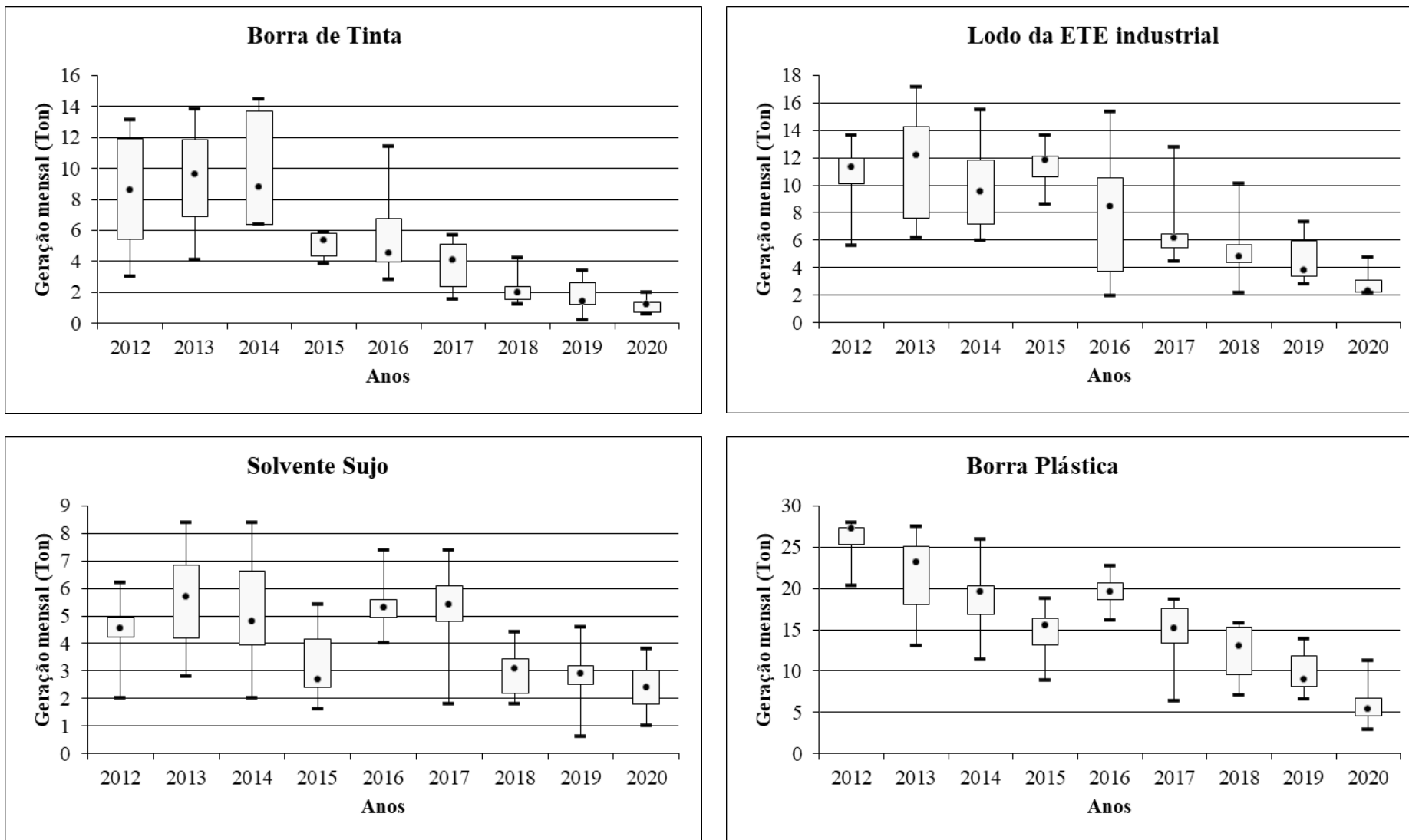
Atualmente as embalagens de produtos químicos são retornadas para o fornecedor para sua reutilização ou descarte correto. Atualmente essa é considerada a melhor forma de destinação possível, uma vez que a mesma embalagem pode ser reutilizada inúmeras vezes e só é descartada pela empresa de origem após perder totalmente sua funcionalidade. A quantidade média de geração destas embalagens é de 25 por semana, mas não foi possível encontrar dados históricos para análise. É importante lembrar que em Guarulhos tal procedimento não é obrigatório, mas em São Paulo, cidade vizinha, a lei municipal nº 17.471/2020 obriga a logística reversa deste tipo de resíduo.

A partir do processo de injeção são geradas as peças, encaminhadas para o setor de montagem e também são gerados galhos de injeção e rebarbas, refugos que por questões industriais e de segurança não podem ser imediatamente reutilizados como matéria prima. Tais materiais retornam para o fornecedor de Zamac para que sejam remanufaturados e vendidos como matéria prima. Apresentando uma geração atual de 70kg, não foram encontrados dados históricos para tal resíduo.

O resíduo ambulatorial apresentava uma quantidade mensal média de 200g, que passou para 1 Kg durante a pandemia. Atualmente o resíduo é enviado para incineração. composto principalmente por gases, palitos de madeira, algodão, papéis utilizados para forrar as macas e com a pandemia de COVID-19, máscaras descartáveis.

A geração dos resíduos perigosos que possuem massa mensurada ao longo dos anos está apresentada na Figura 3, na qual observa-se queda na geração total destes resíduos, provavelmente devido à queda na produção de peças, mas também ao processo de melhoria contínua de procedimentos de produção.

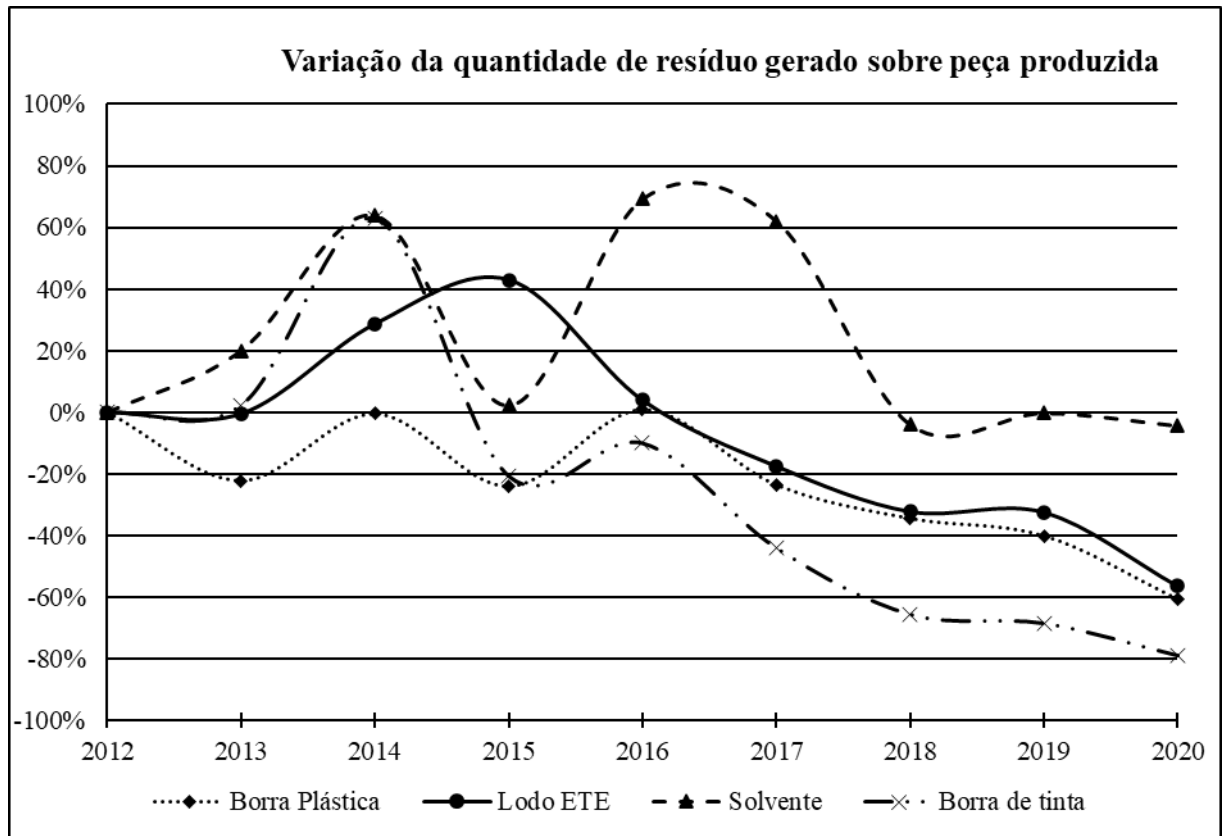
Figura 3 - Geração de resíduos perigosos ao longo do tempo em fábrica de mecanismos de acesso para automóveis



Fonte: Elaborado pelo autor

Através do controle interno da empresa, foi possível estipular a média mensal de peças produzidas em cada ano de 2012 até 2020, esses dados foram comparados com os valores médios de geração de resíduo para saber se houve alteração na geração de resíduo por peça produzida ao longo dos anos, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 -Variação da quantidade de resíduo gerado por peça produzida de 2013 a 2020



6 DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os pontos de melhoria encontrados na empresa, sempre levando em conta o estudo bibliográfico apresentado e os dados apontados no capítulo anterior.

6.1 Papelão, plástico, madeira e metais

Tendo em vista os dados apresentados durante a seção anterior, é possível iniciar a discussão analisando a questão dos materiais recicláveis. Apesar de as embalagens de insumos utilizados no setor produtivo já se encontrarem em um fluxo de gestão bem conhecido, em que são encaminhados para caçambas e doados para a reciclagem, existem alguns pontos passíveis de melhoria, são eles:

- Cobertura no local de armazenamento do resíduo. Resíduos molhados, principalmente papelão e madeira, perdem grande parte da sua capacidade de reutilização e consequentemente seu valor comercial como resíduos recicláveis. Tal mudança também diminui as chances de as caçambas funcionarem como abrigo para insetos e pequenos roedores, o que colabora com a limpeza do local;
- Reciclagem de 100% dos resíduos recicláveis. A empresa já possui fluxos de trabalho definidos para os resíduos recicláveis da área produtiva, com responsáveis e procedimentos determinados para coleta e destinação de resíduos nas caçambas, mesmo assim, não consegue replicar tal desempenho nas outras áreas, com todo o resíduo reciclável das áreas administrativas e de restaurante sendo descartado misturado ao resíduo orgânico, tal problema pode ser resolvido com a instalação de lixeiras coloridas de acordo com Resolução CONAMA nº 275/2001 pelas áreas administrativas e do restaurante. A coleta também pode ser simplificada, com lixeiras para resíduos recicláveis e rejeitos, encaminhando os recicláveis para triagem em empresa externa, como recomenda a Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro (CONEMA) nº 55, de 13 de dezembro de 2013 (RIO DE JANEIRO, 2013);
- Tratando da redução na geração de resíduos, não é algo atualmente viável para as embalagens dos insumos fabris, uma vez que menos embalagem significaria menor proteção durante o transporte e maiores chances de vazamentos e dano à matéria prima. No entanto, a área administrativa das empresas costuma ser um ponto com grandes oportunidades de redução, através de campanhas de conscientização e do trabalho voltado para a digitalização de fluxos de trabalho. Uma alternativa seria controlar a

quantidade de papel que entra nos setores administrativos e usar o indicador quantidade de papel por funcionário, criando a possibilidade de avaliar a eficiência das campanhas acima mencionadas. No momento não existe nenhum indicador parecido e nenhum controle do gasto de papel nos setores administrativos, resultando na falta de interesse na redução;

- Com relação à destinação do resíduo, a opção atual (reciclagem) se mostra uma das mais viáveis de acordo com a metodologia Lixo Zero, pois não envia resíduo para aterros e nem para incineradores, destinações de maior potencial poluidor, além de respeitar a prioridade de gestão de resíduos da PNRS, uma vez que a não geração e a redução de geração não são atualmente viáveis para as embalagens dos insumos industriais. No entanto, o resíduo poderia ser doado para uma cooperativa de catadores de material reciclável, ao invés de uma grande recicladora, o que impactaria positivamente na economia e na comunidade local. Tal ação de mostra de acordo com o conceito de Economia Circular, onde não há geração de resíduo e todo material descartado é reaproveitado, gerando benefícios para a empresa e a comunidade (REIS, 2021). O trabalho com cooperativas já aconteceu na empresa estudada, mas foi cessado por problemas com a infraestrutura das cooperativas, as quais não possuíam o licenciamento ambiental e/ou apresentavam condições deficientes de coleta, como caminhões inadequados e equipe de coleta não treinada para realizar a tarefa e utilizar os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados. Seria interessante uma colaboração entre empresa contratante e cooperativa para que esta possa atender os requisitos mínimos de prestação de serviço;
- Sugere-se ainda que a massa ou volume do material reciclável seja aferido para fins de monitoramento e estabelecimento de metas de redução.

6.2 Resíduo orgânico

Se tratando de resíduo orgânico, o restaurante e sua cozinha são a maior fonte de geração em toda a empresa. Atualmente todos os resíduos orgânicos e recicláveis do restaurante são armazenados e coletados de forma conjunta. O armazenamento é feito em câmara fria desativada, cuja intenção no projeto era de fornecer um ambiente refrigerado, seco e ventilado para que o resíduo fique armazenado enquanto aguarda transporte, mas, na realidade, a câmara não se está em funcionamento. A desativação da câmara promove um ambiente quente, úmido e sem ventilação, propício para a proliferação de fungos e bactérias. Após um tempo de

armazenagem que pode variar de 1 a 3 dias, todo o lixo é coletado por um mesmo caminhão compactador, que segue para aterro sanitário sem passar por balança rodoviária, impossibilitando qualquer controle de massa de resíduo destinado ao aterro e conseqüentemente não permitindo o trabalho com metas de redução da geração. A empresa responsável por gerenciar o restaurante foi procurada e informou que planeja controlar as emissões de resíduo com uma balança própria até o final de 2021 para que possam avaliar a eficiência de suas estratégias para redução do desperdício.

Atualmente existem alternativas mais apropriadas de destinação para os resíduos orgânicos, como por exemplo, a compostagem. Este método evita a disposição em aterro sanitário, que apresenta altos custos causados pelo tratamento de chorume e gases gerados pela decomposição de resíduos, além de permitir uma maior vida útil para o aterro. Para a empresa estudada foram encontradas duas formas de se trabalhar a compostagem, a compostagem no local, feita através de composteiras industriais e a compostagem externa, feita por uma empresa terceirizada. O modelo de compostagem externa foi prontamente descartado pois apesar de diminuir impactos e o passivo ambiental, possuía custo 37% superior, além de apresentar dificuldades operacionais, já que os resíduos não seriam coletados caso estivessem em sacos plásticos.

No modelo de compostagem no local foi sugerida pelo fabricante a compra de duas composteiras industriais, pois como o ciclo de compostagem informado pela maioria dos fabricantes encontrados é de 24h, ambas trabalhariam de forma alternada, com uma composteira recebendo o resíduo do dia enquanto a outra processa o resíduo do dia anterior. Este método apresenta facilidade operacional e permite que a empresa trate o resíduo orgânico sem ajuda externa, o composto orgânico gerado pode ser disposto nos jardins da empresa ou doado para os colaboradores, como ponto negativo temos um alto investimento iniciais na compra e instalação das máquinas necessárias, com um orçamento de R\$80.000,00 por composteira, sem frete ou instalação, totalizando R\$160.000,00. Atualmente existe um custo aproximado de R\$5.000,00 mensais com coleta e disposição de resíduo em aterro sanitário, que se fosse reduzido em 80% com a compostagem dos resíduos orgânicos possibilitaria a recuperação do investimento nas composteiras em 40 meses.

6.3 Borra de tinta

Com uma geração que ultrapassava as 10 Ton por mês em 2012, a borra de tinta sofreu uma grande redução ao longo do tempo, com uma geração máxima de 2 Ton/mês em 2020.

Mais do que um efeito devido à redução do volume de peças produzidas, a Figura 4 mostra que houve redução da geração de resíduo por peça produzida (79%), o que pode ser explicado pelos seguintes motivos:

- Melhor controle de qualidade e investimento em treinamento dos pintores, o que diminui o número de retrabalhos realizados;
- Controle do setor de compras, que com a compra de menores quantidades de tinta evita que a mesma atinja seu prazo de validade e seja descartada juntamente com a borra;
- Melhorias técnicas implantadas durante o período de tempo estudado, relacionadas ao tratamento da água utilizada nas cortinas de água das cabines de pintura.

Até 2014 a adição de coagulante à água, para o processo de flotação, era feita sem o controle adequado, resultando em uma adição superior ao recomendado e gerando uma borra de tinta composta, em grande parte, por estes aditivos. Após um processo de consultoria com uma empresa especializada neste tipo de tratamento, foram definidas as doses corretas de aplicação de coagulantes, gerando uma borra com maior concentração de tinta e em menor quantidade. Também foi feita uma ligação entre a cabine de pintura e o sistema de dosagem, que permitiu que a dosagem fosse reduzida e até mesmo paralisada de acordo com o número de cabines de pintura em funcionamento.

Em relação ao processo de descarte, uma das possibilidades é a reciclagem da borra de tinta, transformando-a em tinta para uso em finalidades menos nobres através da diluição da borra em solvente, como pode ser visto no estudo realizado por BITTELBRUNN, PERINI e SELLIN (2014). Tal procedimento é o mais adequado dentre os disponíveis para a fábrica e já foi realizado anteriormente, mas foi interrompido devido a problemas com a empresa recicladora de borra, substituindo a reciclagem pelo coprocessamento.

Apesar de não seguir o preconizado pela ZWIA, enviando resíduo para incineração e gerando gases poluentes, a atual destinação é uma alternativa legalmente correta e que conta com aproveitamento energético do resíduo, sendo, portanto, um descarte superior ao aterro industrial, que não conta com aproveitamento energético, demanda monitoramento e tratamento de chorume e gases e apresenta risco de vazamento de resíduo perigoso para o solo por tempo indeterminado, além de reduzida vida útil.

6.4 Solvente

O único resíduo quantificado no estudo que não apresentou grande redução na sua geração por peça produzida, com uma diminuição de 4% em relação a 2012, o solvente ainda apresenta picos de geração Figura 4, um em 2014 e outro nos anos de 2016 e 2017.

Após discutir os dados com o gestor responsável pela pintura, foi constatado que este resíduo não se relaciona com o número de peças produzidas, mas sim com o número de paradas no setor, uma vez que o solvente é utilizado para limpar as ferramentas a cada final de turno e também toda vez que existe alguma alteração de cor ou peça a ser trabalhada. Também foi apontado pelo gestor responsável o aumento na quantidade de tintas utilizadas, resultado da busca das montadoras de automóveis por carros com cores exclusivas. Tal variedade resulta em mais paradas de produção para troca de tinta utilizada e maior utilização de solvente por peça produzida, mesmo com esforços para utilização de menos solvente em cada limpeza.

Um modo de reduzir a geração deste resíduo seria trocando as cores com que cada cabine trabalha com menor frequência, pintando mais peças de uma mesma cor antes de fazer a troca. No entanto, esse método nem sempre é possível devido à limitação de espaço disponível para estocar as tintas e as peças pintadas, além disso, tem de ser levada em conta a entrada de pedidos urgentes que podem alterar a programação.

6.5 Lodo da estação de tratamento de efluentes industriais

Gerado principalmente pelas atividades do setor de galvanoplastia, o lodo da ETE industrial foi um dos resíduos que apresentou redução na sua geração (56%), de acordo com a Figura 3. Tal redução se deve por mudanças na operação, buscando aditivos e reações que gerassem menor quantidade de lodo. Também coincide com o período da redução de geração de resíduo e a compra de um filtro prensa, que adensa o lodo reduzindo sua massa total.

Mendes, Filho e Scian (2001) observaram em seu estudo uma redução de 88% em volume do lodo de Estação de Tratamento de Água utilizando filtro prensa, partindo de um lodo com 4,53% de sólidos e produzindo tortas com 30,57% de sólidos após desaguamento com filtro prensa. Este resultado sugere que pode ser possível alcançar uma redução ainda maior na empresa estudada.

Como apresentado por Scarin(2017), existem diversos estudos para reaproveitamento de lodo de ETE industrial em processos produtivos com a finalidade de reduzir os impactos financeiros e ambientais causados pela disposição final deste tipo de resíduo. Atualmente se

destacam as utilizações experimentais de lodo em processos cerâmicos e cimentícios, tanto do lodo seco, quanto das cinzas do lodo. Também é possível utilizar o lodo em processos agrícolas, como fertilizante e como corretor de acidez no solo, como estudado por Corrêa et.al. (2009).

6.6 Borra plástica

O principal resíduo gerado pelo setor de injeção plástica, a borra plástica também apresentou uma redução real de sua geração ao longo do período estudado de 67%, o principal motivo para essa redução está em um maior controle operacional. Gesser (2006) mostra que é viável diminuir a geração de borra em até 70% através da reciclagem.

Grande parte da borra é gerada quando a máquina injetora está em pleno funcionamento e precisa ser desligada, seja a substituição do molde, substituição do polímero utilizado, falha elétrica, mecânica ou falha do operador, final de turno de trabalho ou outros motivos. Todo o plástico que já se encontrava aquecido dentro da máquina pronto para ser utilizado na injeção é perdido e deve ser removido para descarte, pois por ter permanecido em aquecimento por muito tempo a qualidade da injeção não pode ser garantida. (GESSER, 2006)

Para evitar o desperdício são feitos esforços constantes de programação de paradas, e cálculos de quantidade de polímero abastecido em cada máquina para que no momento da parada o desperdício seja o menor possível.

Uma pequena parte da borra plástica pode ser reutilizada como matéria prima, desde que seja triturada e misturada na proporção correta com matéria prima nova (GESSER, 2006). Para isso, durante o período de estudo foi adquirido um moinho industrial, que ajuda a reduzir a quantidade de plástico descartado pela trituração e reaproveitamento deste resíduo dentro da fábrica. Aproximadamente 20% da borra plástica gerada é triturada e reutilizada.

O restante da borra plástica, que não pode ser reutilizada internamente na fábrica é encaminhado para indústrias de reprocessamento de borra, estas indústrias preparam a borra para ser utilizada como matéria prima em processos que não necessitem de um produto final com alta resistência mecânica ou qualidade de acabamento superior, como sacos plásticos, brinquedos, entre outros.

6.7 Demais resíduos perigosos

As bombonas plásticas e as rebarbas de ZAMAC possuem destinação parecida, retornando para seus respectivos fornecedores para reutilização no caso das bombonas e para

reciclagem no caso do ZAMAC, tal destinação respeita o preconizado pela metodologia Lixo Zero e também pela PNRS, reforçando a importância da reutilização e reciclagem, respectivamente.

Quanto ao resíduo ambulatorial, o mesmo tem seu descarte controlado pela Resolução RDC nº 306/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e deve ser incinerado. Por não haver outra possibilidade de descarte o mesmo não pode ser contabilizado pela metodologia Lixo Zero, que só considera os resíduos passíveis de outras formas de descarte que não envolvam incineração ou aterro.

6.8 Programa de melhorias na gestão de resíduos na empresa

O Quadro 5 apresenta um programa de ações para solucionar problemas e potenciais identificados na gestão de resíduos da fábrica, no qual observa-se que o investimento necessário para implantar as melhorias sugeridas é baixo e o retorno sobre o investimento, com base nos gastos com os serviços de disposição final, ocorrerá em aproximadamente 2 anos.

Quadro 5- Programa físico financeiro de ações em gestão de resíduos sólidos na fábrica

Objetivo	Ação	Investimento	Economia	Justificativa
Monitorar a quantidade de todos os resíduos gerados	Realizar pesagem do material	-	-	Permitirá um gerenciamento mais eficiente dos resíduos, possibilitando acompanhar variações, definir metas e traçar estratégias de melhoria
Compostar todo o resíduo orgânico gerado	Comprar composteiras e doar/utilizar o composto gerado	Compra da composteira R\$80.000	Redução de pelo menos 60% do custo atual com transporte e disposição em aterro R\$3.000/mês	Recuperação do investimento em 40 meses Após isso R\$3.000/mês
Coleta seletiva de 100% dos materiais recicláveis utilizados no local estudado	Compra de lixeiras para coleta seletiva simplificada e descarte junto aos demais resíduos recicláveis, que não geram custos de coleta e destinação.	Compra de 10 pares de lixeiras para lixo reciclável e não reciclável R\$2.000	Redução de aproximadamente 10% do custo atual com transporte e disposição em aterro R\$500/mês	Recuperação do investimento em dois meses Após isso R\$500/mês
TOTAL		R\$82.000	R\$3.500/mês	

Fonte: Elaborado pelo autor

7 CONCLUSÃO

Na fábrica de mecanismos de acesso para automóveis foi observada geração de resíduos perigosos: 7.100 kg/mês resíduos não perigosos inertes: 11.750 kg/mês e resíduos não perigosos não inertes 19.960 kg/mês. Estes resíduos são destinados para incineração, coprocessamento e recuperação para os perigosos, reciclagem para os não perigosos inertes e reciclagem e compostagem para os não perigosos não inertes.

A partir dos dados apresentados e discutidos foi possível observar queda na geração de resíduos no período de 2012 a 2020, não apenas causada pela diminuição da produção, como também uma queda por produto em 3 dos 4 resíduos quantificados, sendo eles a Borra de Tinta (-79%), Borra Plástica (-61%) e Lodo da ETE (-56%), que foram obtidas através de melhorias nos processos de produção e de gestão dos resíduos, tais como o controle do sistema de tratamento de água das cabines de pintura, a compra de um moinho para reutilização da borra plástica e a aquisição de um filtro prensa para deságue do lodo.

No entanto, também foram encontradas oportunidades de melhorias, principalmente em relação aos resíduos do refeitório, com alternativas como a compostagem de resíduos orgânicos. Algumas possíveis alternativas de destino para os resíduos gerados foram levantadas e compreendem: Compostagem para o resíduo orgânico; Reciclagem para a borra de tinta; Uso em processos cimentícios, cerâmicos e agrícolas para a cinza do lodo de ETE industrial.

Neste contexto, as ações de melhoria na gestão de resíduos na fábrica aqui propostas compreendem: Cobertura para o local de armazenamento e coleta seletiva de todos os resíduos recicláveis através da compra e instalação de lixeiras apropriadas; Compra de composteiras para os resíduos orgânicos; Monitoramento de quantidades geradas para todos os resíduos da empresa.

REFERÊNCIAS

ABDUL-RAHMAN, F. **Reduce, Reuse, Recycle: Alternatives for Waste Management**. NM State University. New Mexico, 2014. Disponível em: https://aces.nmsu.edu/pubs/_g/G314.pdf. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Família de normas ISO 14000**. NBR ISO 14000. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14001 Sistema de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso**. 2004 Rio de Janeiro: ABNT. 14 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

BITTELBRUNN B.; PERINI, B. L. B.; N. SELLIN, **Avaliação do aproveitamento de borra de tinta gerada em sistemas de pintura de processo metalúrgico**, XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Blucher Chemical Engineering Proceedings, Vol. 1, 2015, Pg. 7051-7058, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/chemeng-cobeq2014-0403-25667-170177> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Diretoria Colegiada. **Resolução nº 5.947, de 1º de junho de 2021**. Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e aprova as suas Instruções Complementares, e dá outras providências. Brasília: Ministério da Infraestrutura, 02 jun. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.947-de-1-de-junho-de-2021-323561273> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Rio de Janeiro. Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro. **Resolução CONEMA nº 55, de 13**

de dezembro de 2013. Estabelece procedimento de diferenciação mínima de cores para a coleta seletiva simples de resíduos sólidos urbanos e de resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, a ser adotado na identificação de coletores e veículos transportadores, para a separação de resíduos no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, 27 dez. 2013. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=263643>. Acesso em: 25 de outubro de 2021

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **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. Brasília: Presidência da República, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

CABLE NEWS NETWORK (CNN). Brasil deixa de ganhar R\$14 bilhões com reciclagem de lixo. **CNN Brasil**, São Paulo, 04 ago. 2021, Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-deixa-de-ganhar-r-14-bilhoes-com-reciclagem-de-lixo/> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

COSTA, A. M. **Desafios ambientais na indústria automobilística:** uma análise do sistema de gestão ambiental da produção automobilística e projeções para o futuro do setor. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/204979>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

DROPA et. al. A importância da utilização da ferramenta PDCA relacionado a aplicação de uma ferramenta de Gestão Ambiental Empresarial. ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 5., 2010, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos [...].** Ponta Grossa, 2010. Disponível em: http://www.5eetcg.uepg.br/Anais/artigospdf/50024_vf1.pdf Acesso em: 25 de outubro de 2021.

GASPAR, D. N. **Resíduos sólidos:** tratamento de borra de tinta nas unidades industriais. 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15658> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

GESSER, F. **Reaproveitamento da borra no processo de injeção**: Análise econômica e ambiental. 2006. Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2006.

GOMES, L. P. et al. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. São Paulo, v. 20, n. 03, pp. 449-462, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000120751>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

MENDES, R. L.; FILHO, S. S. F.; SCIAN, J. B. Desaguamento mecânico por filtro prensa de placas de lodos gerados em estações de tratamento de água. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais[...]**. João Pessoa: ABES, 2001.

PEREIRA, E. R.; SOARES, A.; SANTANA, R. M. C. Avaliação do desempenho mecânico de blendas de PEAD virgem e borras plásticas injetadas como alternativa para reutilização de resíduo industrial. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 9., 2014, Porto Alegre. **Anais[...]**. Porto Alegre: ABES/RS, 2014.

REIS, F. B. dos; FERNANDES, P. R. B., A reutilização de resíduos sólidos na economia circular: estudo de caso no mercado de calçadista. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 11, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-311>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

POTRICH, A. L.; TEIXEIRA, C. E.; FINOTTI, A. R. Avaliação de impactos ambientais como ferramenta de gestão ambiental aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria automotiva. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, vol. 3, n° 3, 2007.

SANTOS, S. E. dos; ANDREOLI, C. V.; SILVA, C. L. da. O desempenho ambiental das empresas do setor automotivo na região metropolitana de Curitiba. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília n. 32, 2009. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/13>. Acesso em: 1 nov. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **CADRI – Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental**. São Paulo, 2021 Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/outros-documentos/> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

SÃO PAULO (Estado). SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SIMA Nº 27, DE 22 DE MARÇO DE 2021**. Institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR do Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos - Sigor, estabelece diretrizes para sua implementação e dá providências correlatas. São Paulo: SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE, Gabinete do Secretário, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/legislacao/2021/03/resolucao-sima-27-2021/> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

SÃO PAULO (Município). Casa Civil. **Lei Nº 17.471 de 30 de setembro de 2020**. Estabelece a obrigatoriedade da implantação de logística reversa no Município de São Paulo para recolhimento dos produtos que especifica e dá outras providências. São Paulo: Casa Civil, 30 set. 2020. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17471-de-30-de-setembro-de-2020> Acesso em: 25 de outubro de 2021.

UNITED NATIONS. **United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations**. New York e Geneva, 2019. 2 v.

ZWIA. Zero Waste Definition. **Zero Waste International Alliance**. San Diego, 20 dez. 2018. Disponível em: <https://zwia.org/zero-waste-definition/> Acesso em: 25 de outubro de 2021.