



GEOVANNA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA GRÁFICA DE
COMUNICAÇÃO VISUAL**

**LAVRAS - MG
2023**

GEOVANNA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA GRÁFICA DE COMUNICAÇÃO
VISUAL.**

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

Prof(a). Camila Silva Franco
Orientadora

**Lavras - MG
2023**

GEOVANNA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA EMPRESA GRÁFICA DE
COMUNICAÇÃO VISUAL**

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

APROVADA em
Dr. André Geraldo Cornelio Ribeiro

Prof(a).Dr(a). Camila Silva Franco
Orientadora

**Lavras - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, ao meu pai Oxalá, por me permitir chegar até aqui firme e forte com o meu propósito, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso e me permitir finalizar esse ciclo com as suas bênçãos e meus esforços.

Agradeço aos meus pais, Alexandra e Eduardo, por todo o amor, pela vida que me proporcionaram, por acreditarem nos meus sonhos e me incentivarem a voar. Gratidão às minhas famílias, Rodrigues e Oliveira, por todo o suporte e por acreditarem no meu potencial.

Agradeço às mulheres da república Xamego por serem as irmãs que a vida me reservou, responsáveis pelas mais especiais vivências que experienciei durante a graduação, e por todas as amizades que cativei durante essa trajetória. E não poderia deixar de agradecer às amigas de longa data, Ana Luisa, Ana Carolina, Maria Eduarda e Raissa, por permanecerem na minha vida ao longo de tantos anos.

Agradeço à minha orientadora e coordenadora do curso, Camila Silva Franco pela paciência e confiança depositada e por todo o trabalho pela nossa educação.

À Universidade Federal de Lavras por proporcionar a minha formação profissional e aos professores que me acompanharam ao longo do curso que com empenho, se dedicam à arte de ensinar, minha infinita gratidão.

Gratidão pela vida e pelas oportunidades que o universo me proporcionará.

RESUMO

A indústria gráfica é responsável pela comunicação visual de muitos segmentos, os produtos e serviços da indústria gráfica são indispensáveis para a divulgação diversificada, atendendo pessoas, empresas e instituições, como consequência são gerados resíduos sólidos em grande quantidade e diversidade. Como um passo inicial para minimização deste impacto ambiental, objetivou-se, neste trabalho, diagnosticar o gerenciamento de resíduos sólidos gerados por uma empresa gráfica de pequeno porte e propor soluções para destino ambientalmente adequado. Para a quantificação foram pesadas amostras de resíduos gerados na produção de MDF (fibras de média densidade, do inglês *Medium Density Fiberboard*), de acrílico (Polimetilmetacrilato - PMMA) e papel kraft siliconado. Calculou-se a massa diária e estimou-se a geração mensal de resíduos sólidos, resultando em aproximadamente 419 kg de resíduos sólidos mensalmente, sendo 166,06 kg de MDF, 132,57 kg de acrílico e 120,19 kg de papel kraft siliconado, representando 30,6%, 24,5%, 22,2% do total de resíduos gerados, respectivamente. Além da geração da produção, constatou-se ainda a geração de instalação, que produz em média 123,12 kg de resíduos de papel kraft siliconado ao mês, representando 22,7%. Atualmente todos os resíduos são acondicionados sem a separação adequada e destinados ao aterro sanitário. Ao verificar os resultados, notou-se que é possível dar outro destino a estes resíduos do aterramento por meio da reciclagem e reutilização, porém no Brasil, as tecnologias disponíveis para os processos de mistura por fusão do MDF, microfabricação termoplástica do acrílico, reprocessamento por extrusão da película adesiva de PVC e desagregação química do papel kraft siliconado, ainda não são acessíveis no mercado. Conclui-se, portanto, que os serviços gráficos podem gerar grandes quantidades de resíduos sólidos, os quais podem ser desviados do aterramento por meio de reciclagem, reaproveitamento e reprocessamento dos materiais.

Palavras chaves: Gerenciamento de resíduos sólidos; MDF(*Medium Density Fiberboard*); Acrílico (polimetilmetacrilato - PMMA); Papel kraft siliconado.

ABSTRACT

The graphic design industry is in charge of visual communication in many segments, the products and services produced by the graphic design industry are indispensable for diversified dissemination, serving people, companies and institutions, as result, solid waste is generated in a large amount of diversity. The first step towards minimizing the environmental impact, this term paper aims to diagnose the generation and management of solid residues generated by the company and propose solutions for an environmentally appropriate destination. For the measurement, samples of waste generated in production of MDF (Medium Density Fiberboard, acrylic (Polymethylmethacrylate - PMMA) and siliconized kraft paper have been weighed. The daily mass was calculated, and the monthly generation of solid residues was estimated, resulting in approximately 419 kg of solid waste monthly, 166.06 kg of MDF, 132.57 kg of acrylic, and 120.19 kg of siliconized kraft paper, representing 30.6%, 24.5%, 22.2% of the total waste generated, respectively. In addition to production generation, there is installation generation, which produces 123.12 kg of waste siliconized kraft paper per month, accounting for 22,7%. Currently the company stores all the waste without proper separation and sent to the landfill. By checking the results, it was noted that is possible to divert these residues from the ground through recycling and reuse, but in Brazil the technologies available for MDF melt mixing processes, thermoplastic acrylic microfabrication, film extrusion reprocessing PVC adhesive and chemical disaggregation of siliconized kraft paper, are not yet so accessible in this market. It is concluded, therefore, that graphic services can generate large amounts of solid waste, which can be diverted from landfill through recycling, reuse, and reprocessing of materials. By checking the results, it was noted that it is possible to recycle and reuse all the waste, but in Brazil, the technologies available for such processes are not yet so accessible.

Keywords: Waste management; MDF (Medium Density Fiberboard); Acrylic (polymethylmethacrylate - PMMA); Siliconized kraft paper.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Objetivos	8
2.1. Gerais	8
2.2. Específicos	8
3. Revisão Bibliográfica	9
3.1. Definições, classificações e Política Nacional de Resíduos Sólidos	9
3.2. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	11
3.2.1. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Paulo	12
3.3. Resíduos sólidos gerados em gráficas e seus impactos ambientais	13
3.3.1. Madeira MDF	13
3.3.2. Polimetilmetacrilato (PMMA)	15
3.3.3. Película adesiva de PVC e papel kraft siliconado	16
4. Material e métodos	20
4.1. Caracterização do objeto de estudo	20
Área total do empreendimento (m ²)	20
4.2. Caracterização e classificação dos resíduos sólidos	22
5. Resultados e Discussão	24
5.1. Geração, caracterização e classificação dos resíduos sólidos	24
5.2. Armazenamento, coleta, transporte e destino	27
5.3. Sugestões e destinação ambiental adequada dos resíduos	30
6. Conclusões	32
7. Referências Bibliográficas	34

1. Introdução

A geração de resíduos sólidos no Brasil cresce em decorrência do crescimento populacional, do acesso de significativa parcela da população ao mercado de consumo e do aumento do consumo per capita. Não apenas no Brasil a quantidade de resíduos sólidos urbanos - RSU aumenta ano após ano, degradando não só o meio ambiente, como também saúde e qualidade de vida da população.

A indústria gráfica é responsável pela comunicação visual de muitos segmentos, os produtos e serviços produzidos pela indústria gráfica são tão extensos e diversificados, que se tornaram indispensáveis para o cotidiano das pessoas, empresas e instituições, demonstrando a grandeza deste setor. Segundo dados do estudo setorial da indústria gráfica no Brasil (2009), o ramo é de alto potencial de mercado e cada vez mais tecnológico. O setor gráfico é formado por cerca de 21 mil empresas, das quais 88% são de micro e pequeno porte, e que, na sua grande maioria, produzem para mercados locais ou regionais. Na região Sudeste do Brasil se concentram 54% das empresas, predominante em São Paulo com 62,4% da região (ABIGRAF,2009).

A geração de resíduos neste segmento, apresenta uma gama de materiais que podem ser utilizados como matéria prima, tipos diferentes de papéis, plásticos e painéis de fibras de madeira são comumente encontrados. O descarte inadequado dos resíduos que ainda poderiam ser reciclados ou reutilizados, contribui para a escassez de recursos naturais e redução da vida útil de aterros sanitários, gerando diversos impactos negativos ao meio ambiente (SILVA, 2020).

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos permite que possam ser planejadas ações para atender às demandas de tecnologias mais limpas para a produção, redução da geração de resíduos, operações de logística reversa, reutilização, reciclagem e destinação final ambientalmente correta. Assim, o plano de gerenciamento dos resíduos sólidos (PGRS) passa a ser uma estratégia que traz benefícios para a parte operacional da empresa e para sua imagem com o cliente, ademais, o PGRS é exigido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei 12.305/2010, visando a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos e estabelecendo os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL,2010).

Neste contexto, é imprescindível que empresas gráficas de comunicação visual elaborem seus PGRS com vistas à responsabilização por todos os resíduos gerados, redução da geração, corretos acondicionamentos, transporte e destino, visando a minimização dos impactos ambientais gerados pelo setor.

2. Objetivos

2.1. Gerais

Realizar um diagnóstico dos resíduos sólidos gerados em uma empresa de pequeno porte de comunicação visual em São Paulo, bem como está sendo feito o gerenciamento destes resíduos e propor soluções para o destino ambientalmente adequado.

2.2. Específicos

- Caracterizar massa e volume dos resíduos sólidos gerados;
- Classificar os resíduos sólidos quanto a NBR 10004 e a Lei nº 12.305;

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Definições, classificações e Política Nacional de Resíduos Sólidos

Com a finalidade de fornecer subsídios para o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, a NBR 10.004 (ABNT, 2004) descreve os procedimentos estabelecidos para a classificação dos resíduos de acordo com a identificação da sua origem, seus constituintes e características. Os constituintes são analisados de acordo com a lista de substâncias e resíduos cujo impacto à saúde e ao meio ambiente já são conhecidos, além da caracterização do resíduo, também a forma adequada do seu armazenamento, transporte e disposição final são avaliados. É essencial a separação correta dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem para os relatórios de classificação, onde a descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados. (NBR 10004 - ABNT, 2004).

Esta Norma classifica os resíduos sólidos em duas classes: classe I - perigosos e classe II - não perigosos, havendo ainda uma subdivisão na classe dos não perigosos em outras duas classes: classe IIA- não inerte, e classe IIB- inerte. A classificação dos resíduos é baseada em critérios como características físicas, químicas e biológicas, além de aspectos toxicológicos e ecotoxicológicos, sendo elas:

Classe I - Resíduos Perigosos: são aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Classe II A - Resíduos Não Inertes: São resíduos considerados não perigosos, mas podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe II B - Resíduos Inertes: São resíduos que não apresentam riscos ao meio ambiente ou à saúde pública, não sofrendo alterações físicas, químicas ou biológicas significativas.

A NBR 10.004 (ABNT,2004) estabelece os procedimentos de identificação, armazenamento, transporte e define as formas adequadas de disposição final dos resíduos sólidos, estabelecendo os requisitos para o plano de gerenciamento de resíduos sólidos de qualquer empreendimento gerador de resíduos. Sua aplicação é obrigatória para empresas e instituições geradoras de resíduos no Brasil.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), instituída pela Lei nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010, dispõe sobre a gestão integrada e o gerenciamento de

resíduos sólidos, diretrizes as quais são responsabilidades compartilhadas entre os geradores, sejam eles setor empresarial, sociedade civil e/ou poder público, e dá outras providências para o gerenciamento adequado de resíduos sólidos no país, além de visar a proteção da saúde pública, preservação do meio ambiente e promoção do desenvolvimento sustentável.

No segundo artigo, outras leis aplicadas a resíduos sólidos são citadas, como:

- Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007: que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e cria o comitê interministerial de saneamento básico;
- Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000: que dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem e rotulagem, o transporte, armazenamento, comercialização, a propaganda comercial, utilização, importação, exportação, destino final dos resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, inspeção, fiscalização de agrotóxicos e seus componentes e afins, além de outras providências.
- Lei 9.966, de 28 de abril de 2000: que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

Além das normas estabelecidas pelos órgãos:

- Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama);
- Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);
- Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa);
- Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

O Art.3º inciso X define o gerenciamento de resíduos sólidos como uma série de ações exercidas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada, sejam elas ações diretas ou indiretas, com base no plano municipal de gestão integrada e no plano de gerenciamento de resíduos sólidos. Ainda no Art.3º, o inciso XI dispõe sobre as ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos englobando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Dos princípios, objetivos e instrumentos da Lei, inclui-se a

prevenção e precaução dos impactos ambientais e à saúde, a cooperação entre os setores entre diferentes esferas dos geradores e o reconhecimento do potencial econômico e social dos resíduos.

Para alcançar estes objetivos, a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos se faz necessária, conforme a ordem de prioridade citada no Art. 9º: a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, objetivando o estímulo a padrões sustentáveis de produção e consumo, a redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos.

Após terem sido classificados quanto à periculosidade, são classificados no Art. 13 pelos diferentes tipos de coleta: “resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviço de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração” (ABNT,2004). Ainda no Art. 13º, respeitado pelo disposto no Art.20º , os geradores de resíduos que estão sujeitos à elaboração do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos são classificados como resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, porém se caracterizados como não perigosos podem, baseados em sua natureza, composição e volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Além do PGRS, alguns outros instrumentos são apresentados, como inventários, cooperativas de catadores, monitoramento, fiscalização ambiental e educação ambiental. É de responsabilidade do poder público, do setor empresarial e da coletividade, a efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos, de acordo com o Art.25º.

Para operacionalizar todos os instrumentos na PNRS supracitados, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de geradores privados é o primeiro passo no sentido de organizar a movimentação de resíduos, planejar a redução de geração e promover o destino ambientalmente adequado.

3.2. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), instrumento da Lei Federal 12.305/2010, é um documento que estabelece estratégias e medidas para a gestão adequada

dos resíduos sólidos gerados em um determinado local, como uma cidade, empresa, instituição ou empreendimento. Tem como objetivo minimizar a geração dos resíduos, promover a reutilização e reciclagem, além de garantir a destinação final adequada dos resíduos.

Para tal, o PGRS deve conter o diagnóstico dos resíduos, identificando a sua origem, caracterização, incluindo seus passivos ambientais, definição das etapas do gerenciamento de responsabilidade do gerador, identificação das soluções, das ações preventivas e corretivas, metas para a minimização da geração, destino ambientalmente adequado e periodicidade da sua revisão, deve ser elaborado por um profissional de nível superior, habilitado em seu Conselho de Classe e atualizado a cada 12 meses, de acordo com o Art.23º da Lei Federal 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), sendo passível de multas ou outras penalidades aos infratores.

A obrigatoriedade do PGRS para as empresas geradoras de resíduos sólidos faz com que os geradores apresentem dados importantes sobre a quantificação e qualificação dos resíduos gerados, sendo assim possível estabelecer o manejo, acondicionamento, transporte e destinação final adequados. Minimizando riscos à saúde pública e ao meio ambiente, e sendo capaz, pelo aproveitamento de materiais pela reciclagem ou reutilização, trazer vantagens financeiras para o empreendimento.

Neste sentido, foram elaborados planos de gestão de resíduos nacionais, estaduais e municipais, nos quais se encontram orientações para a elaboração dos PGRS empresariais particulares.

3.2.1. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Paulo

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo é definido pela lei nº 12.305/2010 como um instrumento de extrema importância, pois define metas a serem alcançadas por todos os geradores de resíduos, tendo como finalidade a evolução da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos na cidade, do ponto de vista econômico, social, ambiental e da saúde pública. O PGRS atende às: Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei Federal de Saneamento Básico; Política Nacional sobre Mudanças do Clima; Política Nacional de Educação Ambiental.

Os resíduos de responsabilidade pública são de origem domiciliar, feiras, limpeza urbana, saneamento, resíduos da construção civil, resíduos volumosos, resíduos de poda e resíduos do serviço de saúde. É definido seu porte de acordo com a geração em litros por dia

de resíduos sólidos, desde que sejam classificados como não perigosos. Volumes inferiores a 200 litros/dia são de responsabilidade pública e classificados como pequeno porte, a empresa em estudo é enquadrada como pequeno porte por apresentar geração menor que 200 litros/dia, sendo assim passível de utilizar a coleta pública. A coleta de resíduos sólidos disponibilizada no bairro onde a empresa está localizada, é apenas a coleta domiciliar.

O serviço público de coleta dos Resíduos Sólidos Domiciliares Secos (RSD Secos) é oferecido para a população do bairro em geral e pequenos e médios geradores de resíduos sólidos, que devem ser cadastrados na Amlurb - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana. São classificados como resíduos sólidos domiciliares secos, materiais como: papel, papelão, vidro, metais (ferrosos ou não ferrosos) e plásticos (moles ou duros).

Os Resíduos Sólidos Domiciliares constituem parcela significativa da massa de resíduos gerados pelas atividades humanas. Os dados da composição gravimétrica dos RSD do agrupamento Noroeste, mostram que, no ano de 2012, estes resíduos representavam 37,8%, porém, somente 10,3% foram recuperados, em torno de 40 mil toneladas ainda eram destinados a aterros sanitários.

A recuperação dos resíduos para a cadeia econômica da reciclagem ou seu reaproveitamento configura-se como um dos principais desafios para a cidade de São Paulo. Isto porque os índices atuais de recuperação dos RSD Secos pelas ações de coleta seletiva organizadas e coordenadas pelo poder público são extremamente baixos, provando a grande deficiência que se coloca à pequena abrangência efetiva do sistema de coleta seletiva de secos – refêem da carência por mais e melhores soluções de destinação para recuperação dos resíduos.

3.3. Resíduos sólidos gerados em gráficas e seus impactos ambientais

Empresas gráficas de comunicação visual usualmente utilizam uma ampla variedade de materiais para produção de diferentes produtos, papéis de parede, envelopamento de móveis e automóveis, letras caixa, placas, painéis e totens, adesivos, dos quais destacam-se como matéria prima a madeira MDF, o Acrílico, Adesivo de PVC e o papel Kraft.

3.3.1. Madeira MDF

Em 1998 as indústrias de chapas do Brasil se popularizaram por produzirem diferentes tipos de painéis de madeira, por consequência da elevada demanda por novos

produtos com melhor relação de custo/benefício e para diferentes finalidades (IWAKIRI,2002). Em 2012, de acordo com a ABRAF - Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, a demanda pelos painéis de madeira industrializada ainda seguia em alta no mercado (BNDES, 2008). Os painéis surgiram então, principalmente, para atender a uma necessidade gerada pela escassez e pelo encarecimento da madeira maciça (TORQUATO,2008).

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira, os quais podem ser processados mecanicamente, sendo eles: serrados, fibras, laminados ou compensados, os quais, a partir do processamento químico da madeira, misturando os pequenos pedaços desagregados com resina formam os painéis de fibras (IWAKIRI, 2002; BNDES, 2008).

Segundo a Norma ABNT NBR 15.316 - 1 de Abril de 2019, os painéis de fibra de média densidade (MDF) são produzidos a partir de fibras de madeira encoladas, normalmente com resina uréia-formaldeído e consolidados, através de prensagem quente e processos secos. Para fins mercadológicos, pode ser classificada como:

- HDF: chapa com densidade $> 800 \text{ kg/m}^3$;
- Standard: chapa com densidade $> 650 \text{ kg/m}^3$ e $< 800 \text{ kg/m}^3$;
- Light: chapa com densidade $< 650 \text{ kg/m}^3$;
- Ultra light: chapa com densidade $< 550 \text{ kg/m}^3$

Além desta variação da densidade, apresenta umidade menor que 20% na linha de formação e também pode variar a espessura do painel MDF, na faixa de 3 a 60 mm. As chapas de “MDF” apresentam vantagens quanto a sua estrutura mais homogênea, usinabilidade e qualidade quanto ao acabamento e aplicação de materiais de revestimento (TORQUATO, 2008).

Consequência do consumo excessivo do MDF nos últimos anos, há crescimento na geração de resíduos descartados tanto pelos fabricantes quanto pelo consumidor final de MDF, o qual apresenta riscos ao meio ambiente e à sociedade, por ser um material que se constitui de resinas sintéticas, classificadas como tóxicas segundo Mendes, 2022. Conforme a classificação da ABNT NBR 10.004, quando descartados incorretamente podem causar contaminação e riscos à saúde humana.

O MDF é um material amplamente usado na indústria gráfica no Brasil, possui várias aplicações e pode ser utilizado em diferentes formas e tamanhos, como peças decorativas,

embalagens personalizadas, e com a sua superfície lisa, também é possível a aplicação de adesivos personalizados.

3.3.2. Polimetilmetacrilato (PMMA)

O polimetilmetacrilato (PMMA), conhecido comercialmente como acrílico, é um polímero semicristalino, termoplástico duro (ANGELOTTO, 2015), amorfo e transparente que apresenta alta resistência mecânica e excelente estabilidade dimensional (BRYDSON,1999; ODIAN,2004).

Polímero é uma macromolécula formada por unidades menores, os monômeros, os quais estão ligados através de ligações covalentes (GRANADO, 2006). De acordo com Meyers e Chawla (1999), por conta do seu comportamento térmico, os polímeros se dividem em termofixos e termoplásticos, no primeiro, com aumento de temperatura o polímero passa do estado líquido para o sólido em um processo de solidificação irreversível. Existem oito grandes classes de materiais termofixos que são: alquídeos, alílicos, aminos, epóxis, fenólicos, silicones, poliésteres e uretanos (SAECHTLING, 1983).

Já o termoplástico torna-se maleável quando expostos ao calor e endurecem quando resfriados, podendo assim ser remodelado (MEYERS E CHAWLA; 1999). Para este, existem 11 classes de materiais: ABS, acetatos, acrílicos, celuloses, fluorocarbonos, poliamidas, policarbonatos, polietilenos, polipropilenos, vinis e estirenos (SAECHTLING,1983). Com uma estrutura amorfa apresenta cadeias moleculares dispostas aleatoriamente, polímeros amorfos apresentam ampla capacidade de amolecimento, moderada resistência ao aquecimento e resistência ao impacto, o caso do polimetilmetacrilato e poliestireno, ABS e policarbonato (GRANADO, 2006). O polimetilmetacrilato apresenta grupos metil e éster ligados à sua cadeia principal,o que determina a alta rigidez do PMMA, pois o grupo éster determina a dinâmica molecular e o grupo metil determina rigidez à cadeia.

O PMMA enquanto classificado como um termoplástico duro, rígido e transparente, com boa resistência ao intemperismo e elevada resistência à degradação UV e ao impacto (MACEDO, 2017), no que diz respeito à sua aplicação, é um material de grande interesse comercial, utilizado para finalidades dos mais variados campos, alguns exemplos: próteses dentárias, clarabóias, semáforos, lentes para luzes de automóveis e a substituição do vidro em janelas de aviões e barcos. Na indústria gráfica, comumente utilizado em painéis para anúncios de publicidade, sendo possível a aplicação de adesivos na sua superfície.

3.3.3. Película adesiva de PVC e papel kraft siliconado

A invenção dos plásticos é uma das maiores conquistas tecnológicas do século XX, eles são amplamente utilizados em diversos campos, como exemplo embalagens e construção civil. “O policloreto de vinila (PVC) correspondeu a 9,6% de todos os plásticos em 2020, ficando em terceiro lugar na fabricação e geração de resíduos” (LU, 2023).

O rolo utilizado para impressão, de películas adesivas de PVC e papel kraft siliconado, de acordo com o boletim técnico do fabricante, é composto por 3 partes:

- Filme frontal: Composto por película de PVC, material que será aplicado em qualquer superfície lisa, o que recebe a impressão digital. Espessura de 80 microns, segundo o fornecedor Ritrama.
- Adesivo - Composto por permanente acrílico à base de água, de acordo com o fornecedor Ritrama, responsável pela aderência do filme frontal à superfície de aplicação.
- Liner: Composto por papel kraft siliconado, antiaderente com função de proteger e manter o adesivo flexível e colante, sem aderir a este. Espessura de 135 microns, segundo o fornecedor Ritrama.

Figura 1 - Rolo de película adesiva de PVC e papel kraft siliconado utilizado na impressão.



Fonte: Da Autora (2022).

O filme frontal, composto por Policloreto de vinila, é um polímero considerado termoplástico, de acordo com Spinacé (2005), devido ao baixo custo, durabilidade, resistência química e boa usinabilidade. O PVC é um polímero que apresenta versatilidade, devido a condição de adicionar aditivos que fornecem características como flexibilidade ou estabilidade ao calor, porém essa capacidade aumenta o risco de contaminações (LU, 2023).

Um dos grandes desafios da indústria de celulose e papel é a reciclagem de papéis revestidos, como o liner composto por papel kraft siliconado. Em caso de descarte destes resíduos, a degradabilidade é lenta, sendo importante a separação adequada, e o destino ambientalmente correto para que sua degradação seja reciclável (DANTAS,2000).

O Brasil é um grande produtor de celulose proveniente de várias espécies arbóreas de eucalipto e pinus (SAMISTRARO, 2009). O processo de obtenção da polpa de madeira, ocorre anteriormente ao processo da produção do papel, em um processo definido como polpação. (SANTOS,2016). A polpação consiste no desfibramento, ruptura das ligações entre as fibras longas e curtas, quase completo da lignina e liberação das fibras celulósicas, resultado da dissolução, pelo uso de aditivos, sendo a antraquinona (AQ), comumente utilizada neste processo. A polpa kraft, origina papéis de maior resistência e coloração escura (SAMISTRARO,2009). Durante a produção da polpa nas fábricas, a principal problemática ambiental é o odor causado pelas emissões de gases malcheirosos como metilmercaptana (CH_3SH), dimetilsulfeto (CH_3SCH_3), óxidos de enxofre (SO_x) e de nitrogênio (NO_x) (SANTOS,2016).

Segundo Shankar (2018), por consequência das propriedades físicas e químicas do papel, os materiais não possuem capacidade de proteção contra a penetração de oxigênio e vapor de água, quando comparado com os polímeros. Sendo assim, é necessária a utilização de métodos que melhorem as propriedades mecânicas de resistência. De acordo com Dantas (2000), as soluções aplicadas para propiciar alguma propriedade particular ao material que está sendo laminado, são classificadas como revestimentos. O revestimento funcional é aquele aplicado ao que se deseja resistência à umidade, vapor d'água, óleo, gordura e aderência.

Apesar do interesse na construção de um desenvolvimento sustentável, o volume atualmente reciclado do liner, ainda que crescente, demonstra o tamanho do desperdício desse material, o que se distancia de tal efetiva potencialidade de reciclagem. Um estudo realizado por uma empresa líder em ciências dos materiais, calculou que, anualmente, são descartados aproximadamente 1 milhão de toneladas de material auto adesivo no mercado global, sendo um material com potencial para reciclagem, porém ainda é um grande desafio para a indústria (LAUZID,2017).

Nos estudos apresentados na Tabela 1, alguns meios de tratamento e reaproveitamento dos materiais estudados no presente trabalho.

Tabela 1 - Meios de tratamento e reaproveitamento dos resíduos gerados em gráficas.

Resíduo	Tratamento	Reaproveitamento	Autor
MDF	Reciclagem	Painéis	da Silva, 2010
	Mistura por fusão/prensa a quente	Madeira plástica	Chaharmahali,2008
	Pirólise	Carvão, bio-óleo e gás combustível	Ferreira, 2015
Acrílico	Microfabricação termoplástica	Dispositivos microfluídicos	Wan, 2017
	Despolimerização por degradação térmica de resíduos de PMMA	Metacrilato de metila - MMA	Popescu, 2009
Película adesiva de PVC	Reciclagem energética - incineração	Energia de polímeros	Spinacé, 2005
	Reprocessamento por extrusão	Polímero reciclado	Spinacé, 2005
	Tratamento químico	Descloração de PVC	Lu, 2023
Papel kraft	polpa celulósica	“tecnologia protegida por segredo industrial”	Lauzid, 2017
	-	Economia circular	Associação Brasileira de Embalagem, 2021

Fonte: Da Autora.

Os impactos ambientais decorrentes da fabricação, consumo e pós-consumo dos materiais citados no Quadro acima, quando avaliado seu ciclo de vida, apresentam problemáticas ligadas à emissão de gases, geração de efluentes, geração de resíduos sólidos, uso de energia e matéria prima, poluição sonora por ruídos e vibrações. Segundo Hunkeler e Huag (1997), o ciclo de vida compreende os estágios de vida de um produto, desde a

aquisição da matéria prima, etapa de manufatura, transporte, distribuição, uso e reuso do produto e finalmente, reciclagem e disposição final. A análise do ciclo de vida, avalia as responsabilidades ambientais associadas a um produto, estudando seus impactos, energias utilizadas e as oportunidades de medidas mitigatórias aos efeitos no ambiente.

Os principais impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos painéis de madeira no Brasil, de acordo com Pekarski (2017), englobam os temas aquecimento global, ozônio troposférico, eutrofização, ecotoxicidade e toxicidade humana. As análises do estudo, mostraram uma investigação sobre melhorias que podem vir a ser utilizadas como alternativa de produção mais limpa, relacionadas à diminuição ou substituição no consumo de gás natural, de energia elétrica, e resina uréia-formaldeído. As emissões inventariadas para a produção de 1m³ de MDF apresentam os seguintes valores predominantes:

- Dióxido de carbono (CO₂) = 33,5 kg/m³
- Monóxido de carbono (CO) = 4,5 kg/m³

Ainda sendo evidenciadas, em quantidades menores de até 2 kg/m³, emissões de óxidos de nitrogênio, VOCs totais, formaldeído, ácido sulfúrico e dióxido de enxofre. Além dos impactos em relação à produção, o MDF apresenta barreiras tecnológicas que ainda impedem que melhores desempenhos existam, como o uso indispensável da resina de uréia na produção.

A popularização dos produtos de PMMA, tem como resultado um aumento dos resíduos desde a produção ao pós-consumo, exigindo portanto, alternativas para sua reciclagem. De acordo com Ding (2022), o PMMA apresenta ser um resíduo de difícil degradação em condições naturais, o que causará poluição a longo prazo. Os processos de reciclagem realizados pela pirólise e combustão devem ser explorados, mas o estudo mostrou que a pirólise gera produtos gasosos, incluindo monômeros, CO₂, CO e metanol detectados.

Resíduos de cloreto de polivinila (PVC), apresentam alto teor de cloro, sendo a principal fonte de poluentes orgânicos clorados perigosos. Quando incinerados, ocorre a geração de poluição secundária com alta liberação potencial de cloreto de hidrogênio. Citado por Peng (2020), as taxas de degradação do PVC são muito lentas em comparação com a demanda de produção em todo mundo, foi possível a identificação de resíduos de 32 anos enterrados no solo que não apresentavam nenhuma evidência de biodegradação. Além disso, o PVC é considerado uma fonte de microplásticos, pelo intemperismo fragilizar as superfícies, produzindo nano plásticos, que persistem no meio ambiente.

Os resíduos de papel kraft siliconado também apresentam características que dificultam sua degradabilidade, em virtude da camada de silicone.

4. Material e métodos

4.1. Caracterização do objeto de estudo

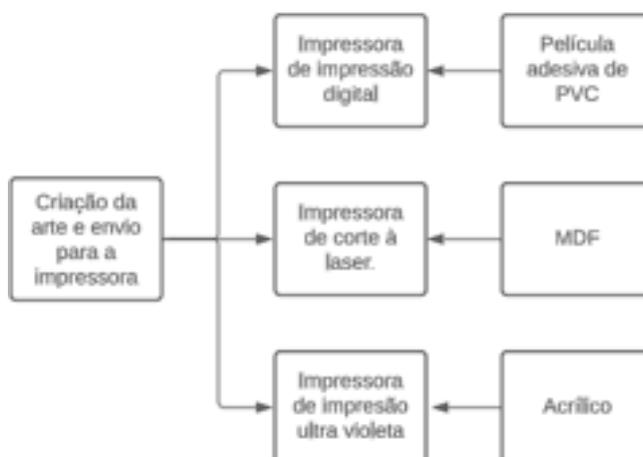
O objeto de estudo neste trabalho é uma empresa gráfica de pequeno porte (como definido no tópico 3.2.1) de comunicação visual, especializada em impressão digital, que oferece peças personalizadas em formatos de adesivos, banners, papéis de parede, envelopamento de móveis e automóveis, placas e sinalizações, e como principal matéria prima, películas adesivas de PVC, MDF e acrílico. No Quadro 1, informações sobre a empresa estudada. O processo produtivo se dá pelas seguintes etapas: criação, impressão, corte, acabamento e embalagem. Desta forma, o estoque é de produtos em processamento e de matérias primas.

Tabela 2 - Características da empresa de estudo.

Tempo de atuação no mercado (anos)	6
Nº de funcionários	5
Nº de máquinas impressoras	4
Período de produção (horas/dia)	8
Área total do empreendimento (m ²)	240

Fonte: Da Autora(2023).

Figura 2 - Fluxograma das impressões disponíveis e as matérias primas utilizadas para cada.



Fonte: Do autora (2023).

O processo produtivo da empresa é realizado por meio de produção por encomenda e inicia com a chegada da demanda do cliente pelo setor de vendas, sendo identificada a necessidade e iniciado o processo de criação da arte.

Após a aprovação do cliente, é iniciado o primeiro processo, a impressão. Com o sistema de impressora *PhotoPrint Manager*, é possível a transmissão digital do arquivo do projeto para uma das impressoras, cada impressora é ideal para um tipo de produto requerido, podendo ser realizada a impressão digital, a impressão UV, o recorte eletrônico, e o corte a laser (Figura 1).

A impressão digital (Figura 3.a) é realizada em uma impressora digital Eco Solvente, que utiliza jato de tinta especializada, método que pode ser utilizado para impressões em diferentes outros tipos de materiais, como papel, vinil, tecido e lona. Quando a impressão é iniciada, são aplicadas camadas de tinta na superfície da película de PVC, matéria prima utilizada especificamente para esta impressora, com um sistema que utiliza jatos de micro gotas de tinta ecosolvente, controladas por dados digitais. O processo de impressão digital é utilizado na produção de papéis de parede, adesivos, envelopamento de móveis, revestimentos para veículos, adesivos de sinalização, entre outros inúmeros produtos.

A impressão digital ultravioleta (UV) (Figura 3.b), utiliza tecnologia de cura por luz ultravioleta para secar a tinta imediatamente após a impressão, seu processo de impressão ocorre com finas aplicações de tinta eco solvente na superfície da matéria prima, ela é indicada para impressão de materiais rígidos e maleáveis, no processo da empresa é utilizado o acrílico.

O recorte eletrônico (Figura 3.c) é uma técnica utilizada para adesivos personalizados em formatos pré determinados, por meio de um equipamento chamado plotter de recorte. Após a impressão na impressora digital, o material é inserido no plotter, e com dados digitais, faz o recorte em torno do adesivo, quando finalizado, o adesivo é destacado gerando resíduos de película adesiva de PVC.

O processo de corte a laser (Figura 3.d) é uma técnica utilizada para cortar materiais como acrílico e o MDF com alta precisão, utilizando a energia concentrada de um feixe de laser, estes materiais são possíveis de serem cortados nesta máquina pois não liberam gases nem poeiras tóxicas, além disso, a máquina possui um sistema exaustor.

Na disposição da imagem na hora da impressão, tenta-se realizar o maior aproveitamento possível de área para que não haja desperdício de material, assim sendo gerados resíduos em formato de retalhos de filme frontal da película adesiva de PVC,

juntamente do papel kraf advindos da impressão digital e também retalhos apenas de papel kraf siliconado, descartados ambos no mesmo receptáculo pelo atual gerenciamento.

Figura 3 - Equipamentos utilizados no processo produtivo da Gráfica.



Fonte: Da Autora (2022).

4.2. Caracterização e classificação dos resíduos sólidos

Para este objeto de estudo, foi realizada a caracterização e quantificação da massa e volume dos resíduos sólidos gerados no processo de produção, com foco nos resíduos de: papel kraf siliconado, MDF e acrílico e classificados de acordo com a NBR 10.004.

Com a finalidade de obter dados sobre a geração de resíduos sólidos na empresa, foram realizadas coletas de amostras entre Dezembro de 2022 e Janeiro de 2023. A quantificação se deu por pesagem em uma mini balança digital de mão para até 50 kg, com precisão de 1 g.

Para o cálculo da massa dos resíduos de papel kraf siliconado, foi realizada quintuplicada das coletas dos resíduos provenientes da impressão digital, com a duração de 3 dias de acúmulo de resíduo para cada amostra, totalizando 15 dias de coleta e 5 amostragens.

Figuras 4, 5 e 6: Balança utilizada para a pesagem e resíduos de papel kraft siliconado acondicionados no balde de descarte com capacidade máxima.



Fonte: Da Autora (2023).

Para aferição de volume do resíduo, foi utilizado um recipiente de volume conhecido com as seguintes dimensões: 68 centímetros de altura, 54 centímetros de diâmetro superior e 38 centímetros de diâmetro inferior. Para o cálculo do volume do balde, foi utilizada a fórmula do tronco de cone. Para a transformação de m^3 para litros, o resultado foi dividido por 1.000. Assim, calculou-se o volume do balde conforme equação 1.

O volume máximo calculado do balde foi de 114,15 litros e ele com sua capacidade máxima de resíduo de papel kraft, apresenta uma amostra de 8,735 quilogramas, com essas informações foi calculado o volume para todos os resíduos.

A massa específica foi calculada pela divisão entre massa média e volume médio, conforme a equação 2.

$$G = \pi h/3 + (R^2 + Rr - r^2) \quad (1)$$

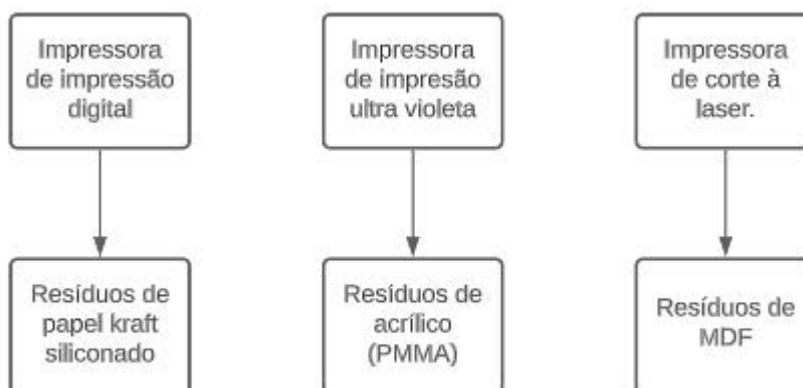
$$\gamma = \text{massa} / \text{volume} \quad (2)$$

5. Resultados e Discussão

5.1. Geração, caracterização e classificação dos resíduos sólidos

A geração de resíduos sólidos em cada etapa de produção pode ser resumida por meio do fluxograma apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Resíduos gerados em cada etapa de impressão.



Fonte: Da Autora (2023).

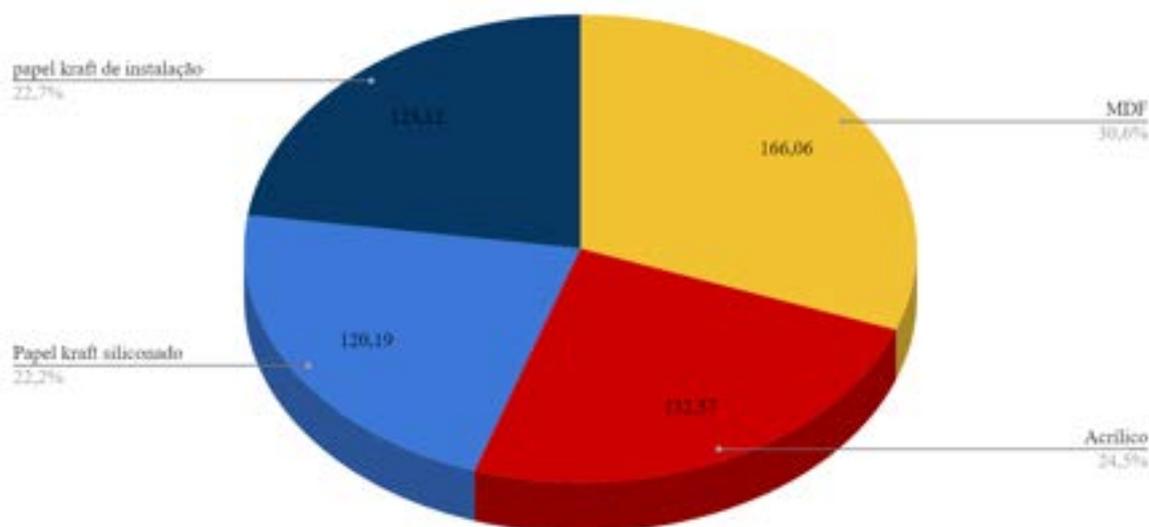
Na Tabela 1 e Figura 8, seguem a composição gravimétrica e os valores da massa média em quilogramas e o desvio padrão dos resíduos de acrílico, papel kraft siliconado e MDF gerados na produção e os respectivos volumes médios e o desvio padrão, também a massa específica de cada material. Nos 22 dias úteis de produção da empresa mensalmente, estima-se que são gerados 418,88 quilogramas de resíduos sólidos na produção, sendo 166,06 kg de MDF, 132,57 kg de acrílico e 120,19 kg de papel kraft siliconado.

Tabela 3 - Dados da massa média e desvio padrão e volume médio e desvio padrão das amostras de MDF, acrílico e papel kraft siliconado.

Resíduo	Massa média \pm desvio padrão (kg/dia)	Volume médio \pm desvio padrão (L/dia)	Massa específica (kg/m ³)
MDF	7,548 \pm 1,95	83,09 \pm 21,475	0,09
Acrílico	6,026 \pm 2,76	95,78 \pm 43,86	0,06
Papel kraft siliconado	5,463 \pm 1,59	70,64 \pm 20,975	0,08
TOTAL	19,04	249,51	0,23

Fonte: Da Autora (2023).

Figura 8 - Gráfico em formato pizza para os dados das porcentagem em massa de geração dos resíduos sólidos dos processos de produção e aplicação, apresentando o valor em porcentagem que cada resíduo representa na geração.



Fonte: Do Autora (2023).

A empresa oferece serviços de aplicação de adesivos em diversos estabelecimentos, gerando resíduos durante a aplicação no local do cliente, que são deixados no local e atualmente a responsabilidade do destino final do resíduo fica para o cliente. Para

quantificá-lo, em uma instalação do dia 09 de Maio de 2023 o resíduo de papel kraft siliconado de uma aplicação de papel de parede foi armazenado em um saco de lixo, pesando 10,260 quilogramas. A empresa apresenta um cronograma de ao menos três aplicações por semana, totalizando 12 aplicações por mês. Estima-se que são gerados então 123,12 quilogramas de resíduos de papel kraft siliconado mensalmente, provenientes das aplicações realizadas pela empresa na área do cliente, os quais são descartados no empreendimento da aplicação.

De acordo com a Lei 12.305 de 2010 capítulo III, no tocante à responsabilidade dos geradores, é de encargo do gerador a implementação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, e, mesmo com a contratação dos serviços terceirizados, o que referiu-se no artigo nº 27 diz que, danos que vierem a ser provocados pelo gerenciamento inadequado de resíduos ou rejeitos é de responsabilidade do gerador (BRASIL 2010).

O MDF, classificado pela ABNT NBR 10.004 como resíduo sólido classe I - perigosos, apresenta grande potencial de geração de impactos ambientais, relacionados com as resinas sintéticas presentes em sua composição, o que aumenta o risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos com a destinação final nos aterros sanitários, diminuindo também a capacidade e vida útil dos mesmos.

O acrílico (polimetilmetacrilato- PMMA) é classificado como resíduo sólido não perigoso, de classe IIA pela NBR 10004, podendo ser reciclado, reaproveitadas ou reprocessado, também exigindo cuidados específicos para que sua destinação final não cause danos ambientais. Os resíduos gerados são sempre armazenados para que possam ser utilizados em outros projetos. Não há o descarte diário de resíduos assim como ocorre com os resíduos de papel kraft siliconado.

O papel kraft siliconado, por ser uma combinação de papel kraft com uma camada de revestimento de silicone, que confere-lhe resistência à umidade e calor, faz com que também se torne um material de difícil degradação, sendo classificado pela NBR 10.004 como um resíduo de classe IIA - não perigoso. A produção de materiais que apresentam somente um tipo de material na sua composição é o ideal para a reciclagem, implicando em benefício ao meio ambiente, entretanto, as condições de uso exigem propriedades como a aplicação do revestimento no papel kraft com a finalidade de proteção ao adesivo da película de PVC.

Também foi constatada a geração de resíduos de tinta, proveniente da impressora digital. De acordo com informações de funcionários da empresa, é gerado 1 litro por mês de resíduo sólido de tinta expelido automaticamente pela impressora e coletado no vasilhame de origem da tinta. Atualmente, não há descarte ambientalmente correto do resíduo, sendo ele

descartado na pia do banheiro, encaminhado diretamente para a rede de coleta de esgoto. Apesar de na impressora ser utilizada uma tinta eco solvente, que, utiliza solventes menos agressivos ao meio ambiente e aos usuários e não ser inflamável, ainda apresenta toxicidade, portanto, conforme a legislação vigente citada no tópico 3.1, resíduos que apresentam toxicidade, são classificados como Classe I - perigosos, pois apresentam riscos significativos à saúde pública e qualidade ambiental.

O descarte incorreto que é realizado na empresa pode causar além de problemas ambientais, como a contaminação do solo ou do lençol freático, também prejuízos para a estação de tratamento de esgoto, como a morte de microrganismos do tratamento biológico da ETE. O descarte incorreto dos resíduos, é ambientalmente inadequado e passível de punição, de acordo com a Lei Estadual nº997/1976, a qual estabelece normas de proteção ao meio ambiente no estado de São Paulo e define a proibição de substâncias líquidas, sólidas ou gasosas, que possam causar poluição ou degradação ambiental.

Ainda são gerados resíduos recicláveis de papelão, resultantes das caixas nas quais as matérias primas chegam para a empresa, e resíduos sólidos sanitários, os quais não foram quantificados.

5.2. Armazenamento, coleta, transporte e destino

Atualmente a empresa não apresenta nenhum tipo de separação dos resíduos sólidos gerados. Durante o processo de produção, o acondicionamento dos resíduos é realizado em sacos plásticos dentro de 2 baldes dispostos pelo galpão, sem a separação adequada, sendo misturados os resíduos em formatos de aparas de diversos tamanhos de, papel kraft siliconado, MDF e acrílico e também panos com álcool que são utilizados para limpeza de superfícies e dos materiais antes de serem embalados, este último resíduo apresenta alto risco de inflamabilidade.

Figura 9a e 9b: Armazenamento dos resíduos e descarte para coleta.



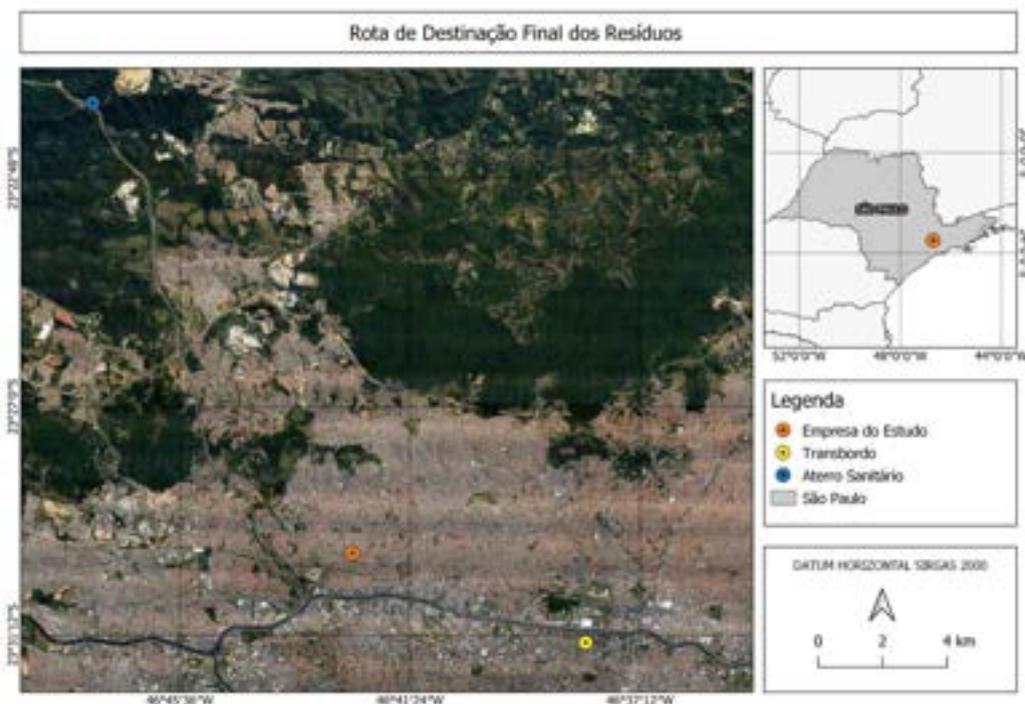
Fonte: Da Autora (2023).

A coleta dos resíduos é realizada pelo caminhão de lixo da empresa responsável pela coleta na região da subprefeitura da Freguesia do Ó, realizada três dias na semana a coleta domiciliar e uma vez na semana a coleta seletiva, que apesar de existir na região e ser uma exigência do PGIRS-SP, não inclui a rua onde está localizada a empresa no seu percurso, sendo o resíduo então coletado pelo caminhão de resíduos domiciliares.

Os resíduos coletados são destinados para Estação de Transbordo Ponte Pequena - ETPP, indicada pelo ponto amarelo na Figura 10, onde os resíduos passam por uma separação mecânica com auxílio de visores ópticos para a separação dos diversos resíduos, após isso os resíduos recicláveis são enfardados e encaminhados para as cooperativas que comercializam recicláveis e estão cadastradas juntamente à subprefeitura, e o que é separado como rejeito é encaminhado para o Aterro Sanitário de Caieiras, administrado pela empresa Essencis Ambiental, indicado pelo ponto azul na Figura 10.

Na Figura 10 observa-se o mapa com as localizações da empresa do estudo, da estação de transbordo e do aterro sanitário.

Figura 10 - Mapa de rota da destinação final dos resíduos gerados na empresa.



Fonte: Da Autora (2023).

De acordo com a Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB), o combustível predominantemente utilizado para a frota de caminhões de coleta de lixo, é o diesel, combustível fóssil, que apresenta alta participação nas emissões de gases de efeito estufa principalmente o dióxido de carbono (CO₂), responsáveis pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas. A roteirização é de extrema importância para que seja realizada uma coleta eficiente, mesmo assim, a distância percorrida pela frota de caminhões diariamente é longa, e o caminho percorrido pelo resíduo gerado é demonstrado na Figura 10, onde o resíduo é coletado na empresa, encaminhado até o transbordo, e tem a probabilidade de ser encaminhado para o Aterro Sanitário, apresentando impactos negativos na qualidade do ar e na saúde humana. Segundo Junqueira (2022), o setor de resíduos no Brasil foi a 4^a maior fonte de emissão de GEE, emitindo 5% da geração do Brasil, destes, 52% atribuídos à disposição dos resíduos sólidos urbanos. Além das preocupações para com os resíduos gerados, a diminuição da emissão de carbono no cenário de coleta e transporte também deve ser levada em consideração, é importante para o combate às mudanças climáticas, para a melhora da qualidade do ar e promover a sustentabilidade e responsabilidade social e ambiental do estado.

5.3. Sugestões e destinação ambiental adequada dos resíduos

Compreendido como um estabelecimento comercial e de prestação de serviço pelo SINIR- Sistema Nacional de Informação sobre a gestão dos resíduos sólidos, o gerador de resíduos deverá então estar identificado no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, assim também sujeito à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, contendo as informações de dados da geração, coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Mediante a quantificação e classificação dos resíduos sólidos deste estudo, com a finalidade de sugestões para destinação final dos resíduos, e seguindo a ordem de prioridade, orientada pela legislação citada no tópico 3.1, de: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada, o estímulo a padrões de produção e consumo cada vez mais sustentáveis, visando a diminuição na geração de resíduos e também buscando alternativas para que reduza a periculosidade dos resíduos utilizados.

A Tabela 7 apresenta um resumo sobre a classificação dos resíduos gerados, a sugestão para seu acondicionamento adequado e destino ambientalmente correto.

Tabela 7 - Resíduos e sua classificação, indicação para acondicionamento correto e destino ambientalmente adequado.

Resíduos	Classificação (NBR 10004)	Acondicionamento adequado	Destinação adequada
MDF	Classe I - perigoso	Acondicionamento em recipiente tipo caixa	Reciclagem
Acrílico	Classe IIA- não perigoso	Acondicionamento em recipiente tipo caixa	Reciclagem
Película adesiva de PVC	Classe IIA - não perigoso	Acondicionamento em sacos plásticos resistentes	Reciclagem
Papel kraft siliconado	Classe IIA - não perigoso	Acondicionamento em sacos plásticos resistentes	Reciclagem

Fonte: Da Autora (2023).

O MDF apresenta diversas formas de reaproveitamento, mesmo ainda sendo um campo em desenvolvimento no Brasil e apresentar desafios por conta das resinas sintéticas utilizadas para sua fabricação, algumas alternativas são consideradas. Ferreira (2015), cita a

recuperação de energia, pelo processo de pirólise, que poderão ser utilizados como fonte de energia para a produção de calor e eletricidade, ainda contribui para a redução de resíduos sólidos reduzindo o volume de resíduos enviados aos aterros sanitários. Chaharmahali (2008) cita a redução da demanda por matérias primas virgens, sem a necessidade de extração de recursos naturais, reciclando resíduos de MDF e incorporando-os na fabricação de novos produtos.

A tecnologia de reciclagem de acrílico é um setor consolidado no mundo, movimentando o comércio entre a reciclagem e os geradores de resíduos, substituindo o descarte dos resíduos em aterros. Apesar de a geração na empresa não apresentar um volume que se enquadre em grandes geradores, o armazenamento de forma adequada para o acúmulo do material para venda ou encaminhamento para cooperativas de reciclagem ou empresas especializadas, poderia gerar um possível lucro, ou receber um destino ambientalmente correto, que atenderia às exigências das legislações.

Primeiramente, para tratamento e destinação adequadas para a película adesiva de PVC, deve-se focar na logística para recebimento dos resíduos que são gerados no pós-consumo. A responsabilidade de dar um destino ambientalmente correto para os resíduos gerados é do fabricante, pelo princípio de que visa responsabilizar o fabricante pelo ciclo de vida completo do produto, incluindo a gestão dos resíduos gerados após o consumo. No Brasil, a logística reversa e a responsabilidade do fabricante são regulamentadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010.

A reciclagem das películas adesivas de PVC pode ser realizada por meio do processo de derretimento e transformação em grânulos, produzindo novos plásticos. Segundo Spinacé (2005), estes polímeros podem ser reciclados pela conversão dos resíduos por métodos de reprocessamento (reciclagem mecânica) sendo utilizado como substituto da matéria prima original, tecnologias que produzem insumos químicos ou combustíveis a partir dos resíduos dos polímeros (reciclagem mecânica com resíduos de pós-consumo) e processo de recuperação de energia por incineração (reciclagem energética). Os estudos sobre a reciclagem mecânica dos termoplásticos encontrados nos resíduos sólidos urbanos vêm aumentando, a necessidade de uma separação correta é grande para que sejam preservadas as características dos materiais que serão fabricados.

Segundo Lauzid (2017), a reciclagem de resíduos de papel kraft siliconado, “proporciona à cadeia produtiva uma alternativa ambientalmente sustentável, economicamente viável e socialmente responsável”. A transformação do resíduo utiliza uma técnica de neutralização química do silicone, resultando na pasta celulósica que contém

propriedades físicas excelentes para a preparação da massa do papel. Atualmente, ainda há desperdício desse material, pois apesar de crescente a reciclagem, é uma realidade distante da capacidade máxima de efetivação do processo, além disso, o papel kraft é um resíduo de difícil reciclagem devido à presença do silicone, que pode prejudicar a qualidade do papel reciclado.

De acordo com a Associação Brasileira de Embalagem (2021), a economia circular funciona como forma ecológica, circular, lucrativa e inovadora, os programas indicados para promover a circularidade consistem na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, incentivando também a responsabilidade do gerador em separar o resíduo, armazenar de forma correta e encaminhar às empresas responsáveis por converterem o material em polpa.

No Brasil, existem poucos métodos de reciclagem do papel kraft siliconado, ainda sendo enviado um grande volume deste resíduo para aterros ou incineração. Atualmente, a empresa de tecnologia de tratamento de resíduos *Polpel*, é a única empresa no Brasil capaz de reciclar o papel kraft siliconado usado, utilizando tecnologia de desagregação química, transformando o resíduo em polpa celulósica, denominada celulose Polpel. Além da preocupação com a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, o setor gráfico deverá estar sempre atento para novas soluções tecnológicas que tenham potencial de menor utilização de recursos e insumos, pois estas quase sempre trarão vantagens ambientais significativas.

6. Conclusões

Baseado nos resultados obtidos, pode-se caracterizar massa e volume dos resíduos sólidos gerados. A empresa de comunicação visual apresenta uma geração de aproximadamente 419 kg de resíduos sólidos mensalmente durante a sua produção, sendo 166,06 kg de MDF, 132,57 kg de acrílico e 120,19 kg de papel kraft siliconado, representando 30,6%, 24,5%, 22,2% do total de resíduos gerados, respectivamente. Além da geração da produção, há a geração de instalação, que produz 123,12 kg de resíduos de papel kraft siliconado ao mês, representando 22,7%. O MDF é classificado como resíduo classe I - perigosos, o acrílico é classificado como resíduo classe IIA- não perigoso, a película adesiva de PVC é classificada como resíduo classe IIA- não perigoso e o papel kraft siliconado

também é classificado como resíduo classe IIA- não perigoso, sendo que todos os materiais apresentam capacidade para a reciclagem e reutilização ou destino ambientalmente correto.

O diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos analisa a separação dos resíduos, o acondicionamento, o armazenamento e o destino final que é realizado atualmente. Os resíduos de MDF e acrílico são armazenados somente retalhos que são possíveis de realizar outro projeto, caso contrário é diretamente direcionado para a coleta e após, ao transbordo e aterro sanitário. A empresa em estudo realiza reutilização de papel kraft siliconado para as embalagens. Os resíduos sólidos de papel kraft siliconado ainda são um desafio para a indústria de reciclagem, por ser um material de difícil degradação pela presença do silicone, e pelo seu destino atualmente, em geral ser aterros sanitários e incineradores.

7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABIGRAF. Associação Brasileira da Indústria Gráfica. **ESTUDO SETORIAL DA INDÚSTRIA GRÁFICA NO BRASIL**. São Paulo, SP. ABIGRAF,2009. 66p.

ANGELOTTO, M.R.deS.; FEITOSA, S.A.D.; ALVES, R.J.F.; FILHO, M.D.G.; DEUS, E.P.de. **Análise fractográfica do polimetilmetacrilato (PMMA)**. Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week, Rio de Janeiro-RJ, 2015.

BEZERRA, P.R.C.; **Gestão ambiental dos processos produtivos: um estudo do gerenciamento dos resíduos sólidos nas indústrias gráficas**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2018.

BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010.

CÉSAR, M.P.F.G.. **Panorama Parcial da Reciclagem de Papel no Estado de São Paulo**. 65 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2006.

CETESB; SINDIGRAF; **Guia técnico ambiental da indústria gráfica – 2.ed.** – São Paulo, 2009.
CHARMAHALI, M.; TAJVIDI, M.; NAJAFI, S.K.; S.K.(2008), Mechanical properties of wood plastic composite panels made from waste fiberboard and particleboard. *Polym Compos*, 29:606-610.

DANTAS, M.S. **Degradabilidade de embalagens compostas de laminados de papel revestido, plástico e alumínio e sua interação com o meio ambiente**. Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2000. 194p.

FERREIRA, S.D.; ALTAFINI, C.R.; PERONDI, D.; GODINHO, M.; **Pysolysis of Medium Density Fiberboard (MDF) wastes in a screw reactor**. *Energy Conversion and Management*, v.92, p.223-233. 2015.

GERÔNIMO, B.M.; SANTOS, A.P.; LENZI, G.G. **Desenvolvimento de um plano de reciclagem de resíduos sólidos em uma empresa de comunicação visual**. XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia de Produção - UTFPR, 2021.

GRANADO, R. M. **Avaliação da integridade superficial do polimetilmetacrilato (PMMA) no torneamento com ferramenta de diamante**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. UNESP.

IWAKIRI, S.; JÚNIOR, S.K.; MENDES, L.M.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; LATORRACA, J.V.F.; **Painéis de madeira**. 1ª Edição, 2002.

JUNQUEIRA, H.S.; MEDEIROS, D.L.; COHIM, E.; **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Feira de Santana: demanda energética e pegada de carbono.** Engenharia Sanitaria e Ambiental. 2022, v.27, p. 125-139.

LAUZID, D.; **Benefícios da reciclagem do papel liner pós-consumo para produção de pasta celulósica.** Polpel Fibras, 2017.

LU, L.; LI, W.; CHENG, Y.; LIU, M.; **Chemical recycling technologies for PVC waste and PVC-containing plastic waste: A review.** Waste Management, v.166, p.245-258. Escola de Ciência e Tecnologia Ambiental, Laboratório Chave de Ecologia Industrial e Engenharia Ambiental (Ministério da Educação), Universidade de Tecnologia de Dalian, Liaoning, China, 2023.

MENDES, M. L.; GONÇALVES, D. B. **Desenvolvimento de uma proposta de economia circular para o reuso de resíduos de MDF na indústria moveleira.** Natural Resources, v.12, n.1, p.141-157, 2022.

PIEKARSKI, C.M.; FRANCISCO, A.C.; LUZ, L.M.; KOVALESKI, L.; SILVA, D.A.L.; **Life cycle assessment of medium-density fiberboard (MDF) manufacturing process in Brazil.** Science of the Total Environment, v.575, p.103-111. 2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo**, 2014.

SAMISTRARO, G.; MUNIZ, G.I.B.de; PERALTA-ZAMORA, P.; CORDEIRO, G.A. **Previsão das propriedades físicas do papel kraft por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS).** Curitiba - PR, v.32, n.6, p.1422-1425, 2009.

SANTOS, G.B.; **Indústrias gráficas: alternativas sustentáveis para insumos, matéria prima e descartes de resíduos.** Franca. 2012. Trabalho de Graduação (Curso Superior em Gestão da Produção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Franca “Dr. Thomaz Novelino”, 2012.

SANTOS, R.; JÚNIOR, J.A.M.; CARASCHI, J.C.; VENTORIM, G.; PEREIRA, F.A. **Polpação Kraft e Kraft/AQ da madeira pré-hidrolisada de híbrido de *Eucalyptus urophylla x grandis*.** Santa Maria, v.26, n.4, p.1281-1290, 2016.

SHANKAR, S.; RHIM, J.W. **Efeitos do revestimento de poli (adipato-co-tereftalato de butileno) nas propriedades resistentes à água, mecânicas e antibacterianas do papel Kraft.** (v.123, p.153-159, 2018).

SILVA, C.S.S.; et.al. **Análise histórica da geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil.** R. Tecnol. Soc., Curitiba, v.16, n.41, p. 125-138, Ed. Especial. 2020.

SILVA, V.A.; Charlot, B. **Os desafios contemporâneos da indústria gráfica: um estudo bibliográfico.** São Cristóvão, SE, v.14, n.18, p.1-13, 2020.

SPINACÉ, M.A.da S.; PAOLI, M.A.de. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP. 2005.

TORQUATO, L.P.; **Caracterização dos painéis mdf comerciais produzidos no Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A.B.; **Panorama de mercado: painéis de madeira**. BNDES Setorial 40, p.323-384.